Neue Grundgesetze

zur rationellen

Physik und Chemie.

Von

Dr. E. Dühring und **Ulrich Dühring.**

Zweite Folge

enthaltend fünf neue Gesetze nebst Beleuchtung der nach der ersten Folge erschienenen Contrefaçons und Nachentdeckungen.

Leipzig,
Fues's Verlag (R. Reisland).
1886.

R
86 29/3

4—

In demselben Verlage erschien:

Dühring, Cursus der National- und Socialökonomie, einschliesslich der Hauptpunkte der Finanzpolitik. Zweite, theilweise umgearbeitete Auflage. 1876. 36 Bogen in 8. 9 Mark. (Diese neue Auflage enthält eine besondere Anleitung zum Studium der Nationalökonomie.)

Dühring, Kritische Geschichte der Nationalökonomie und des Socialismus. Dritte, theilweise umgearbeitete Auflage. 1879. 36 Bogen in 8. 9 Mark.

Inhalt: I. Absch. Die Zeit vor den wissenschaftlichen Versuchen. 1. Cap. Ursprung und Anfänge wirthschaftlicher Vorstellungen. 2. Cap. Der Mercantilismus und die Colbertsche Praxis. 3. Cap. Vorgänger und Anzeichen einer rationelleren Volkswirthschaftslehre. II. Absch. Die Physiokraten und die gleichzeitigen Schottischen Anfänge. 1. Cap. Quesnay und Turgot. 2. Cap. David Hume. III. Absch. Das theoretische Industriesystem. 1. Cap. Die Leistung Adam Smiths. 2. Cap. Die Wirkungen des Smithschen Werks. IV. Absch. Die Malthus-Ricardosche Oekonomie. 1. Cap. Malthus und die Bevölkerungsvorstellungen. 2. Cap. Ricardo und die Vorstellungen von der Bodenrente. V. Absch. Der ältere Socialismus. 1. Cap. Ursprung und Artung der Socialtheorien. 2. Cap. Babeuf und Saint Simon. 3. Cap. Die Missgebilde der socialen Phantastik. VI. Absch. Die Deutsche Nationalökonomie. 1. Cap. Behandlungsart. — Thünen. 2. Cap. Fr. List. VII. Absch. Die Amerikanische Nationalökonomie und deren Verhältniss zu den gleichzeitigen Europäischen Erscheinungen. 1. Cap. Entwicklungsursachen. 2. Cap. Das Careysche System. 3. Cap. Bastiat, Macleod und Nebenerscheinungen. VIII. Absch. Der neuere Socialismus. 1. Cap. Französische Vertreter. 2. Cap. Gestaltungen in Deutschland. IX. Absch. Die Gegenwart. 1. Cap. Die Commune. 2. Cap. Gedanken und Gedankenlosigkeiten in der socialistischen Agitation. 3. Cap. Rückständige Elemente in moderner Umgebung.

Dühring, Logik u. Wissenschaftstheorie. 1878. 36 Bogen in 8. 9 M.

Inhalt: I. Absch. Grundbestandtheile eines logischen Zusammenhangs. 1. Cap. Von der Begriffsbestimmung. 2. Cap. Von selbstverständlichen Einsichten und unzerlegbaren Thatsachen. 3. Cap. Vom gedanklichen Satze. 4. Cap. Vom Schlusse. 5. Cap. Vom Beweise. II. Absch. Methoden der Erkenntnissgewinnung. 1. Cap. Ursprüngliche Quellen. 2. Cap. Induction. 3. Cap. Deduction. 4. Cap. Forschungsgrundsätze. III. Absch. Sachliche Verknüpfung und Systematik. 1. Cap. Begriff und Wirklichkeit. 2. Cap. System der Begriffe. 3. Cap. Naturlogik. IV. Absch. Das Ganze der Wissenschaften. 1. Cap. Logik und Mathematik. 2. Cap. Mechanische und rationelle Naturwissenschaft. 3. Cap. Kenntniss vom Menschen und seinen Hervorbringungen. 4. Cap. Geschichte des Wissens. V. Absch. Werth der einzelnen Wissenszweige. 1. Cap. Genauigkeit und Tragweite. 2. Cap. Praktische Nützlichkeit. VI. Absch. Förderungsmittel und Hemmungsursachen des Wissens. 1. Cap. Persönliche Eigenschaften. 2. Cap. Einrichtungen und Zustände. VII. Absch. Allgemeiner Bildungsgehalt der Wissenschaften. 1. Cap. Einwirkung auf die Fähigkeiten. 2. Cap. Vermittlung bestimmter Einsichten. VIII. Absch. Mittheilung und Aneignung der Wissenschaften. 1. Cap. Darstellung in Büchern. 2. Cap. Persönliche Anleitung. 3. Cap. Wissenschaftlicher Gesammtverkehr.

Neue Grundgesetze

zur rationellen

Physik und Chemie.

Von

Dr. E. Dühring und **Ulrich Dühring.**

Zweite Folge

enthaltend fünf neue Gesetze nebst Beleuchtung der nach der ersten Folge erschienenen Contrefaçons und Nachentdeckungen.

Leipzig,
Fues's Verlag (R. Reisland).
1886.

Vorrede.

Dieselbe Ursache, aus welcher die neuen mathematischen Grundmittel erst 1884 erschienen sind, ist auch für die Zeit der Herausgabe der vorliegenden zweiten Folge physikalischer und chemischer Grundgesetze maassgebend gewesen. Es sind aber nicht nur die Contrefaçons und Nachentdeckungen der ersten Folge, die sich erst abzuspielen hatten, sondern es war auch noch ein Zeitraum hinzuzuthun, um zuzusehen, ob die Aneigner denn selber gar nichts schaffen oder doch wenigstens eine wirkliche Consequenz unserer ersten Folge zu Tage fördern könnten. Dies ist nicht geschehen; vielmehr haben sie die ersten vier Jahre lang nachentdeckt und haben dann die andern vier Jahre ihren Beruf dadurch bewährt, dass sie nichts weiter von sich zu geben hatten.

Durch die Hinausschiebung ist übrigens die zweite Folge etwas reichhaltiger geworden. Sie enthält vier Fundamentalgesetze und ein abgeleitetes Annäherungsgesetz, nämlich das zur Berechnung der correspondirenden Verdampfungswärmen. Von jenen eigentlichen Grundgesetzen bezieht sich das der Affinität der Werthigkeiten ausschliesslich auf die Chemie, während die drei andern dem vereinigten physikalischen und chemischen Gebiet angehören. An der Spitze steht das Gesetz der Partialvolumina, einerseits weil es in seinem Erfahrungstheil das einfachste, unmittelbar fasslichste und lehrbarste von allen ist, andererseits weil der zugehörige leitende Gedanke eine durchgreifende Umgestaltung bisher herrschender Ideen bedeutet.

Ein anderes Grundgesetz, welches durch rationelle Gestaltung der Erfahrungsthatsachen gewonnen wurde, ist das chemische Siedegesetz. Den Abschluss in der Reihe der Gesetze bildet

dasjenige der Molecülzahl, welches sich auch als Ausdehnung des in der ersten Folge verbesserten Avogadroschen Gesetzes kennzeichnen lässt und mit der Aufstellung einer vervollständigten thermostatischen Grundgleichung verbunden ist.

Bei der Angabe dieser fünf neuen Gesetze sind entscheidende Erweiterungen von Grundgesetzen der ersten Folge nicht einbegriffen. Es ist also beispielsweise die ganz allgemeine Ausdehnung des Gesetzes vom Zwischenvolumen auf Flüssigkeiten und feste Körper nicht besonders aufgezählt. Hätte uns an Steigerung und Vorweisung der Anzahl gelegen, so hätten wir die Ausdehnung des verbesserten Mariotteschen und der zwei Gestalten des verbesserten Gay-Lussacschen Gesetzes auf alle Aggregatzustände auch noch besonders numeriren können. Leser aber, die in den Gehalt eindringen, werden das Dargebotene ohnedies zu würdigen wissen. Sie werden ausserdem auch das System und die Punkte bemerken, wo die weitern Entwicklungen in eine dritte Folge gehören. Beispielsweise musste die Behandlung der Wärmemengen vorläufig noch zurücktreten, damit zunächst die Statik der Wärme in ihren Kernpunkten vorläge.

Wie schon die äusserliche Fortführung der Capitelzahl andeutet, bildet die vorliegende Folge mit der vorigen eine einheitliche Schrift. Auch für die Markirung des einheitlich Systematischen darin ist soviel geschehen, als es nur irgend die Verschiedenheit der Stoffe und Ansatzpunkte sowie die Theilung der Arbeit zwischen den beiden Verfassern zuliess. Die Capitel 5—7 sind vom jüngern Verfasser, die übrigen, ausser stellenweise, von mir geschrieben.

Das Schriftenverzeichniss am Schluss mit der traditionell zugehörigen kleinen Ausführung bildet einen integrirenden Bestandtheil der vorliegenden Veröffentlichung. Von dieser Vorrede habe ich, der in andern Vorreden begründeten und seit länger geübten Gewohnheit gemäss, jedes Exemplar mit Federunterzeichnung versehen.

Zehlendorf bei Berlin, im März 1886.

L. Helmholtz

Inhalt.

Vorrede . . . . . S. III

Fünftes Capitel.

Neue Theorie der Gasmischungen. Gesetz der Partialvolumina.

1. Falschheit eines angeblichen Gesetzes der Partialdrucke. Zurückgreifen auf die strengen hydrostatischen Gesetze. Kurze rechnungsmässige Darlegung der Unrichtigkeit der bisherigen Vorstellung aus den beobachteten Thatsachen. Im Gegensatz hiezu das Gesammtvolumen des Gemisches als Summe der eignen Partialvolumina der Bestandtheile. 2. Begriff des Partialvolumens. Wahres Charakteristicum der gesättigten Dämpfe. Existenz und Erklärung fictiver Werthe, die aus physikalischen Functionsbeziehungen hervorgehen. 3. Bedingungen der Condensation der Dämpfe unter Hinblick auf den Fall, wo ein Dampf mit andern Gasen gemischt ist. Das Wesen der Mischungen überhaupt; mechanische und physikalische Gemische; Mischungsaffinität. 4. Mischungen von Körpern verschiedener Aggregatzustände. Auflösung von festen und flüssigen Körpern in Gasen. Statik und Dynamik der Gemische. 5. Anwendung der neuen Theorie auf die Hygrometrie. Richtige Auslegung des Daltonschen Verdunstungsgesetzes. 6. Beziehung zum Avogadroschen Gesetz und zu demjenigen des Zwischenvolumens . . . . . S. 1

Sechstes Capitel.

Werth des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen. Gesetz der correspondirenden Verdampfungswärmen.

1. Schicksal des neuen Siedegesetzes seit seiner Veröffentlichung. Mit Plagiaten verbundene Anfechtungen. 2. Kennzeichnung des Verfahrens des holländischen Professor Waals in Beziehung auf das Gesetz. Sein nach letzterem modellirtes Surrogat. 3. Die Art und Weise des Herrn Clausius. 4. Ableitung einer Näherungsformel zur Berechnung der gleichen Drucken entsprechenden Verdampfungswärmen verschiedener Stoffe. 5. Der specifische Factor bei festen Körpern. Verwerthbarkeit von Siedepunktsbeziehungen für die Chemie. S. 24

Siebentes Capitel.

Ausgangspunkte zu einer chemischen Statik. Chemisches Siedegesetz und Gesetz der Affinität der Werthigkeiten.

1. Ein neues chemisches Siedegesetz. Nachweisung mittelst der Verbrennungswärmen. 2. Bestimmung der Festigkeit der Atomverkettung auf Grund der Verschiedenheit der Siedetemperaturen isomerer Stoffe. Nachweisung eines darauf bezüglichen Gesetzes an zahlreichen Kohlenwasserstoffverbindungen. 3. Allgemeines Gesetz der Affinität der Werthigkeiten. Bedeutung desselben für die organische wie für die anorganische Chemie . . . . . S. 43

Achtes Capitel.

Höhere physikomechanische Gesichtspunkte.

1. Ein erheblicher Fehler in der ersten maassgebenden Wendung zur Wärmemechanik. Vererbung desselben auf die verstohlenen Nachtreter und auf die ganze bisherige Gestaltung der zugehörigen Physik. 2. Veranlassung und Erklärung jenes Fehlers. Uebernahme und Verwendung des technisch äusserlichen Arbeitsbegriffs und hiemit verbundene Einschiebung einer Erdichtung in den mechanischen Zusammenhang. 3. Näheres über die Bestimmung zwischen den Abstands- und Massenverhältnissen kosmischer Körper. Bisherige Ungediegenheit der Behandlung der astrogonischen Hypothese . . . . S. 52

Neuntes Capitel.

Die neue Theorie wirklicher Gase gegenüber den Hohlheiten falscher Gasschematistik.

1. Die kinetelnden Schnurren der Modefaiseurs gegenüber dem neuen durchgreifenden Gesetz des Zwischenvolumens. 2. Bastardformeln an Stelle erfahrungsgemässer Rationalitäten. Hieher gehöriger Charakter der Waalsschen Wendung. Bisherige Proteusgestalten heute sogenannter Kinese. Keine ernsthaft motorische Theorie. 3. Gesunde Schematik im Gegensatz zu falscher Schematistik. Zwei Stufen der Annäherung im Druckgesetz. 4. Bisherige Unfruchtbarkeit der Scheinversuche zu einer dritten Stufe der Annäherung. Die Behandlung der Minusabweichungen vom Mariotteschen Gesetz noch immer eine so gut wie neue Frage. 5. Vereinigung von Rationalität und steter Fühlung mit sowohl unmittelbarer als auch entfernterer Erfahrung. Entsprechender Charakter der neuen Grundlagen und Methoden in besondern Fällen nachgewiesen . . . . . S. 60

Zehntes Capitel.

Kernpunkte einer Wärmestatik. Ausdehnung des verbesserten Avogadroschen Gesetzes auf alle Aggregatzustände.

1. Physionomie heutiger Carnotik. Unser Ausgangspunkt von der Temperatur als einem Spannungsfactor. 2. Nächste Gestalt der Fragestellung nach den statischen Grundlagen. 3. Vorbedingungen der Construction einer Zu-

standsgleichung für Flüssigkeiten und feste Körper. Die angebliche Constante der bisherigen Zustandsgleichung für Gase und den Uebergang zu Flüssigkeiten muss als Veränderliche erkannt werden. 4. Entwurf der statischen Grundgleichung mit Rücksicht auf die Molecülzahl. Die in der Grundgleichung enthaltenen Gesetze. Hervorhebung des dem Avogadroschen analogen Gesetzes. Gleichung für das einzelne Molecül. 5. Methode des analytischen Gebrauchs der neuen thermostatischen Gleichung. Combination mit ihren Differentialgleichungen. Anwendung auf das flüssige Quecksilber. Bestimmung seines Cohäsionsdrucks und seines Zwischenvolumens. Schlussergebniss einer Zweiatomigkeit der Quecksilbermolecüle im flüssigen Zustande. 6. Anwendung auf feste Körper. Vielatomigkeit der Molecüle bei den Metallen. Veranschaulichung des erweiterten Mariotte-Gay-Lussac-Avogadroschen Gesetzes am Quecksilberbeispiel. 7. Tragweite und Wichtigkeit unserer Methode. Völlige Neuigkeit ihrer Ergebnisse. Besondere Hinweisungen und weitere Ausblicke. Chemische Verwandlungen unter derselben statischen Gleichung . . . . . S. 77

Elftes Capitel.

Wendungen und Entwendungen in der durch die neuen Grundgesetze angeregten Physik.

1. Allgemeinste Züge zur Orientirung über das Gebahren der Coteriegelehrten den neuen Grundgesetzen gegenüber. 2. Die von der Münchener Akademie nicht aufgenommene Reclamation bezüglich eines dem Siedegesetz entnommenen fremden Entdeckungspräsents an diese Akademie. 3. Nachweisung einer zweiten und vermehrten Auflage desselben Plagiats. Ein Schutzaufsatz dagegen. 4. Ein französischer Plagiatfall. 5. Verhalten der Pariser Akademie zur Vertheidigung des Plagiats. Entstellungen und Unterschiebungen bei angeblicher Wiedergabe des Reclamationsartikels. Die einzelnen Elemente der Inhaltsfälschung. Zugehörige Mittel zur Discreditirung des Reclamanden. 6. Wendungen des Herrn Waals. Contrefaçon des Siedegesetzes. Zugehörige Widersprüche mit früheren Voraussetzungen. 7. Manipulationen eines Bonner Professors. Vorschiebung eines Herrn Groshans. 8. Varianten zu den Verschüttungsmanieren. Erinnerung an ein paar Lehrbücher. Wissensverderbniss als Zubehör zu Gelehrtencorruption . . . . . S. 104

Zwölftes Capitel.

Wege zur bessern Physik. Verhältniss zur Mathematik.

1. Ausgang von den Thatsachen und Achtung vor ihnen. Hinwegsetzung über sie Seitens falscher und eitler Speculation. 2. Merkmale und Eigenschaften der echten Speculation im Gegensatz zur Charlatanerie. Zeitweilige Wichtigkeit solider Zwischenprincipien zweiter Ordnung. 3. Kennzeichnung der Bestandtheile physikalisch-chemischer Speculation in den beiden Folgen der Grundgesetze. Sachlicher und begrifflicher Charakter der zugehörigen Ausgangspunkte. Unterscheidung vom gegnerischen Verhalten. 4. Gemeinsames in den bessern Wegen für die Mathematik und in denen für die Physik. Einheitliche Aufgabe der „Neuen Grundgesetze“ und der „Neuen Grundmittel“.

Hochstellung der Analysis, aber nur in ihrer natürlichen Gangart. 5. Sinn und Werth der neuen Grundmittel im Hinblick auf die Physik. Feindliche Parolen. 6. Signalisirung der Zustände im Verständniss mechanischer und physikalischer Functionen. Der Poinsotsche Fehler. Hinweisung auf ein wesentliches Hülfsmittel der Klärung. Die verschiedenartigen Functionen kleiner Differenzen. 7. Uebergeordnetheit des Sinnes über die blosse analytische Gestalt der Formeln. Empfänglichkeit derselben Formel für einen sehr verschiedenen Sinn. Beispiele von der Zustandsgleichung mit Molecülzahl. Volumendifferenz mit dem Sinn des Zwischenvolumens oder ohne diesen. 8. Ein Hauptgrund des schlechten Physikbetriebs. Bahnung besserer Wege durch Wegräumung falscher Autorität und unberechtigten Ansehens. Sorge für persönliche Sicherheit auf den wissenschaftlichen Wegen. 9. Vereinigung der Kräfte verschiedener Wissenschaften bei denselben Personen im Gegensatz zur scholastischen Abpferchung und Unfruchtbarkeit. Combinationsart der physikalischen und der chemischen Gesichtspunkte in den vorgelegten Gesetzen . . . . . S. 146

Schriften von E. Dühring nebst zugehöriger Bemerkung über die Plagiirung der ersten Folge der Grundgesetze . . . . . S. 181

Fünftes Capitel.

Neue Theorie der Gasmischungen. Gesetz der Partialvolumina.

1. Die Vorstellung, welche man bisher von dem Verhalten gemischter Gase gehegt hat, war die, dass jedes Gas in der Mischung sich so verhielte, als wenn es den von dem Gemisch eingenommenen Raum allein ausfüllte. Demgemäss sollte es einen Partialdruck ausüben, der grade so gross wäre, wie er sein müsste, wenn die vorhandene Menge der fraglichen Gasart den Raum, in dem sie ausgebreitet ist, allein innehätte. Der Gesammtdruck des Gemisches war also nach der bisherigen Vorstellung die Summe der Drucke, die jedes Gas besonders für sich ausüben sollte. Insbesondere nahm man an, dass ein gesättigter Dampf in einem andern Gase, das ihm oder dem er beigemischt ist, dieselbe Spannung ausübe wie im leeren Raume, ohne von dem Drucke des andern Gases irgendwie beeinflusst zu werden. Inconsequenterweise ist es aber meines Wissens Niemandem eingefallen, dieselbe Vorstellungsart auch bei Gemischen von festen Körpern oder Flüssigkeiten anzubringen oder sie auf chemisch verbundene Gase auszudehnen. Wenn ein Gemisch von Wasser und Alkohol zusammengedrückt wird, so denkt Keiner daran, dass von diesem Druck die Wassertheilchen einen und die Alkoholtheilchen einen andern Theil aushielten, sondern folgt der hydrostatischen Theorie von der Gleichheit des Druckes nach allen Richtungen und für jeden Punkt gleichen Niveaus. Ebenso nimmt man nicht an, dass bei der Pressung eines Stücks Messing das Kupfer und das Zink, die darin enthalten sind, in verschiedenem Grade oder nur mit einem Theil des Gesammtdrucks zusammengedrückt würden.

Diese Inconsequenz der Vorstellungen legt die Annahme nahe, dass, in Uebereinstimmung mit der auf Gase wie auf Flüssigkeiten anwendbaren hydrostatischen Theorie, selbständige Partialdrucke in Gasgemischen nicht vorhanden sein können. Die Haltlosigkeit der bisherigen Vorstellungsart tritt noch deutlicher hervor, wenn auf die Analogie hingewiesen wird, welche zwischen der Mischung mehrerer Gase und der Zusammenbringung mehrerer Quantitäten derselben Gasart besteht. Bringt man z. B. in einen mit Sauerstoff unter Atmosphärendruck gefüllten Ballon von etwa einem Liter Inhalt noch soviel Stickstoff, dass dadurch ebenfalls ein Liter unter Atmosphärendruck ausgefüllt würde, so steigt der Druck des Ganzen nach der bisherigen Annahme auf zwei Atmosphären, weil jedes Gas seinen Druck von einer Atmosphäre abgesondert ausübt und erst die Summirung dieser beiden Atmosphären den Gesammtdruck ergiebt, den die Innenfläche des Ballons erfährt. Wenn man aber zu dem Liter Sauerstoff in dem Ballon noch einmal soviel Sauerstoff hinzufügt, so wird hiemit eine doppelte Menge des Gases in denselben Raum gepresst und es steigt der Druck, wenn man die Abweichungen vom Mariotteschen Gesetz berücksichtigt, auf nicht ganz zwei Atmosphären. Welchen Grund hat man aber, nicht auch in diesem Falle vorauszusetzen, die beiden Quanta Sauerstoff übten jedes den Partialdruck von einer Atmosphäre aus? Die Voraussetzung, dass eine bestimmte Menge Gas in einem andern Gase denselben Druck ausübe wie im leeren Raume, steht aber schon in Widerspruch mit der in dem früher erschienenen Theil dieser Schrift nachgewiesenen Thatsache, dass für die Grösse des Gasdruckes an erster Stelle nicht das ganze Volumen, sondern das Zwischenvolumen, das die Molecüle übrig lassen, maassgebend ist. Da nun dieses Zwischenvolumen auch durch die Molecüle eines andern Gases beschränkt wird, so kann der Druck eines Gases in einer Gasmischung nicht wohl dem im leeren Raume gleich sein.

Die bereits im zweiten Capitel zur Bestätigung des Zwischenvolumgesetzes benutzten Beobachtungen Natterers (Poggendorffs Annalen, Bd. 94 von 1855, S. 436 fg.) über die Compressibilität der Luft, dem einzigen Gasgemisch, das bisher hinsichtlich seines Verhaltens bei hohen Drucken einer Untersuchung unterworfen worden ist, und die den nämlichen Gegenstand betreffenden Experimente Amagats (Annales de chimie et de physique, fünfte

Serie, Bd. 19) sind in Verbindung mit den zugehörigen Ergebnissen dieser Experimentatoren für die Bestandtheile jenes Gasgemisches, den Sauerstoff und den Stickstoff, geeignet, nicht nur die gänzliche Unhaltbarkeit der Theorie der Partialdrucke auf das Entschiedenste zu bestätigen, sondern auch zugleich das wahre Gesetz des Druckes gemischter Gase kennen zu lehren. Ein einziges Beispiel wird dies sogleich klar machen. Nach Natterer wird Luft durch einen Druck von 1000 Atmosphären auf $\frac{1}{527,3}$ ihres Volumens bei Normaldruck reducirt, so dass also 1 kg, welches bei 0° und 760 mm Quecksilber 773,28 l einnimmt, unter 1000 mal so grossem Druck nur noch 1,4666 l ausfüllt. Dieser Druck soll sich nun angeblich aus den Spannungen der 231,65 g Sauerstoff und 768,35 g Stickstoff zusammensetzen. Die betreffenden Gasmengen füllen aber unter Normaldruck 161,61 l beziehungsweise 611,67 l aus; der Raum von 1,4666 l ist der 110,2te beziehungsweise 417te Theil davon, und diesen Zusammendrückungen entsprechen nach Natterer die Drucke von 110,2 bez. 606 Atmosphären. Diese Drucke würden die Gase, wenn sie jenen Raum von 1,4666 l allein einnähmen, ausüben; ihre Summe, 716,2 Atmosphären, müsste also nach der bisherigen Vorstellungsart der Gesammtdruck des Gemisches, d. h. der Luft sein. Dieser ist aber, wie vorausgesetzt, 1000 Atmosphären, also beinahe um die Hälfte grösser, und damit ist die Unrichtigkeit der bisherigen Theorie erwiesen. Dasselbe Beispiel aus den Beobachtungen Natterers lehrt uns aber zugleich das richtige Gesetz der Gasmischung, nämlich dass das Volumen des Gemisches der Summe der Volumina der Bestandtheile unter dem nämlichen Drucke gleich ist. Durch Erhöhung des Drucks von 1 auf 1000 Atmosphären wird Sauerstoff auf $\frac{1}{594,8}$, Stickstoff auf $\frac{1}{518,6}$ seines ursprünglichen Volumens zusammengedrückt. Die in 1 kg Luft enthaltenen 231,65 g Sauerstoff würden also bei 1000 Atmosphären Druck 0,2717 l Raum ausfüllen und die 768,35 g Stickstoff 1,1795 l. Die Summe dieser Volumina ist 1,4512, welche Grösse von 1,4666 l, dem Volumen der Luft, nur um ungefähr ein Procent, also höchst unbedeutend innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler abweicht. Dieses Ergebniss wird durch die Daten

der folgenden Tabelle bestätigt, welche ebenfalls nach Natterers Beobachtungen entworfen worden ist.

Druck in Atmosphären.	Volumen des Sauerstoffs in Litern.	Volumen des Stickstoffs in Litern.	Summe der beiden Volumina.	Beobachtetes Volumen der Luft.	Differenz.
1354	0,2460	1,0688	1,3148	1,3153	— 0,0005
1160	0,2578	1,1219	1,3797	1,3891	— 0,0094
800	0,2955	1,2885	1,5840	1,5882	— 0,0042
600	0,3356	1,4739	1,8095	1,7883	+ 0,0212
420	0,4176	1,7805	2,1981	2,1721	+ 0,0260
300	0,5598	2,2597	2,8195	2,8002	+ 0,0193

Die Beobachtungen Natterers reichen bei Sauerstoff nicht über 1354 Atmosphären Druck hinaus, während sie bei Stickstoff und Luft bis zu 2790 Atmosphären gehen. Das neue Gesetz der Gasmischung zeigt uns aber sogleich den Weg, die Sauerstoffbeobachtungen für die Druckscala von mehr als 1354 bis zu 2790 Atmosphären zu ergänzen; man braucht nämlich blos aus Natterers Beobachtungen die Volumina von 1000 g Luft und 768,35 g Stickstoff zu berechnen und voneinander abzuziehen, um das Volumen von 231,65 g Sauerstoff zu erhalten. Hiefür ergeben sich z. B. bei 2790 Atmosphären Druck 0,1975 l, so dass also der Sauerstoff hiedurch auf $\frac{1}{819}$ seines ursprünglichen Volumens zusammengedrückt wird und mithin unter diesem Drucke ein grösseres specifisches Gewicht als Wasser hat.

Zur weiteren Bestätigung unseres Gesetzes diene die folgende Tabelle, die ich nach den Beobachtungen Amagats für minder hohe Drucke (von 32 bis zu 400 Atmosphären) entworfen habe. Da Amagat bei seinen Beobachtungen nicht unmittelbar das Volumen einer abgewogenen Menge Gas bestimmte, sondern nur, mit einem Drucke von 24,1 m Quecksilber anfangend, die Volumensverminderung beobachtete, welche die Gase bei Steigerung des Drucks erfuhren, so waren die Beobachtungen erst umzurechnen; auch habe ich das Volumen auf 0° reducirt. Aus den Regnaultschen Beobachtungen über specifisches Gewicht und Compressibilität der Gase berechnet sich das Volumen eines Kilogramms in Litern bei 0° und 24,1 m Quecksilber für Luft

zu 24,020, für Sauerstoff zu 21,462, für Stickstoff zu 24,791. Multiplicirt man die beiden letzteren Grössen mit den Gewichtsverhältnissen 0,23165 bez. 0,76835, so erhält man für die Partialvolumina 4,972 l und 19,048 l. In den Einheiten der Amagatschen Beobachtungsreihe sind dieselben bei der Luft 1119, beim Sauerstoff 1113,8 und beim Stickstoff 2115,3. Man hat also die Zahlen Amagats für Luft mit $\frac{24,02}{1119} = 0,0021466$, für Sauerstoff mit $\frac{4,972}{1113,8} = 0,0044639$, für Stickstoff mit $\frac{19,048}{2115,3} = 0,009005$ zu multipliciren, um sie miteinander vergleichen zu können. Endlich waren seine Beobachtungen durch Interpolation auf gleiche Drucke zu reduciren, wenn sie nicht zusammentrafen.

Druck in Metern.	Volumen des Sauerstoffs in Litern.	Volumen des Stickstoffs in Litern.	Summe der beiden Volumina.	Beobachtetes Volumen der Luft.	Differenz.
303,5	0,4232	1,8889	2,3121	2,2965	+ 0,0156
214,5	0,5522	2,4082	2,9604	2,9605	— 0,0001
133,9	0,8558	3,5717	4,4275	4,4258	+ 0,0017
84,2	1,3649	5,4819	6,8468	6,8313	+ 0,0155
55,5	2,1061	8,2535	10,3596	10,3374	+ 0,0222
34,9	3,4040	13,1348	16,5388	16,5497	— 0,0109

Wie man sieht, stimmen das beobachtete und das berechnete Volumen der Luft noch genauer als in der ersten Tabelle überein. In der That sind die Experimente Amagats zur Bestätigung unseres Gesetzes sehr geeignet, da die Drucke durch ein Stickstoffmanometer gemessen wurden, also die einem bestimmten Stickstoffvolumen entsprechenden Volumina der Luft und des Sauerstoffs unmittelbar beobachtet wurden, so dass die Ungenauigkeiten bei der Messung des Druckes selbst nicht, wie bei den Beobachtungen Natterers, ins Gewicht fallen können. Nachdem hiemit das wahre Gesetz der Gasmischung festgestellt worden, ist es kaum nöthig zu erwähnen, dass mit diesem das bereits in Frage gestellte angebliche Gesetz der Partialdrucke unter allen Umständen unverträglich ist; denn nur, wenn das

Mariottesche Gesetz gültig wäre, könnten beide Gesetze der Gasmischung zusammenbestehen.

2. Die neue empirisch festgestellte Thatsache hinsichtlich des Verhaltens gemischter Gase führt uns nun nothwendig auch zu andern theoretischen Auffassungen der betreffenden Vorgänge. Wir haben nämlich soeben nachgewiesen, dass bei der Mischung zweier Gase, wenn die Gleichheit und Constanz des Druckes vorausgesetzt wird, sich das Gesammtvolumen nicht verändert. Theilen wir nun, behufs besserer Veranschaulichung, den Raum, welchen ein Gas einnimmt, ideell in soviel würfelförmige Abtheilungen, als Molecüle vorhanden sind, so dass jeder solcher Raumwürfel ein Molecül als materiellen Kern enthält, und nennen wir alsdann diese Würfel die den Molecülen zugehörigen Räume oder auch die Partialvolumina der Molecüle, so können wir unserm neuen Gesetz folgende Gestalt geben: Bei der Mischung von Gasen bleiben die zu den Molecülen gehörigen Räume unverändert, oder auch: Das Partialvolumen der Molecüle eines Gases in einem Gemisch ist dem Volumen derselben Gasmenge, wenn sie unter demselben Drucke abgesondert vorhanden ist, gleich. Aus der letzteren Formulirung folgt sogleich, dass das Partialvolumen eines Gases in einem Gemisch sich gegen Druck ebenso verhält wie im leeren Raume. Ein Gas verhält sich demgemäss in einem Gemisch grade so, als wenn es einen Theil des Raumes, welchen das Gemisch einnimmt, allein ausfüllte, und dieser Raumtheil ist seinem Partialvolumen gleich.

Wo von zusammengesetzten Gasen die Rede ist, giebt man häufig ihre Zusammensetzung nach Raum- anstatt nach Gewichtstheilen an. So sagt man z. B., die Luft besteht aus 0,209 Raumtheilen Sauerstoff und 0,791 Raumtheilen Stickstoff, oder Knallgas besteht aus $^2/_3$ Volumen Wasserstoff und $^1/_3$ Volumen Sauerstoff. Diese Art sich auszudrücken hatte aber bisher nur den Sinn, dass die in den angegebenen Volumverhältnissen und unter gleichem Druck vollzogene Mischung der verschiedenen Gasarten Luft beziehungsweise Knallgas ergäbe. Wir sind nun aber, infolge unserer Vorstellung von den molecularen Raumwürfeln, zu der Auffassung berechtigt, dass jedes Gasgemisch auch noch nach der vollständigen Vermischung der einzelnen Gase deren Theilvolumina so gut wie deren Molecüle gesondert enthält. In 1000 l Luft sind wirklich 209 l Sauerstoff und 791 l Stickstoff enthalten; denn die Partialvolumina der Sauerstoff-

molecüle füllen von den 1000 l 209 l und die Partialvolumina der Stickstoffmolecüle die übrigen 791 l aus. Man möge wohl den Unterschied beachten, welcher zwischen der neuen Vorstellung von den 209 l Sauerstoff, die in jener Luftmenge räumlich vorstellbar enthalten sind, und der alten Vorstellung von 209 l, die jene Sauerstoffmenge für sich allein ausfüllen würde, besteht. Beiläufig bemerkt, ist dieses Volumenverhältniss nicht ganz constant; es ändert sich mit Druck und Temperatur, da der Stickstoff weniger compressibel ist und durch Temperaturerhöhung weniger ausgedehnt wird als der Sauerstoff. Bei einem Drucke von 24,1 m Quecksilber ist jenes Volumenverhältniss, wie in der vorigen Nummer angegeben, 4,972 : 19,048 oder gleich 0,207 : 0,793. Das Partialvolumen des Sauerstoffs wird nämlich durch Drucksteigerung verhältnissmässig mehr reducirt.

Während demnach einerseits der Begriff der Theilvolumina durch die richtige Auffassung der Gasmischung eine realere Bedeutung erhält, muss andererseits die Vorstellung der Partialdrucke mit allen ihren ebenso irrthümlichen Folgerungen gänzlich beseitigt werden. Da die Physiker seit Dalton stets angenommen haben, jede Gasart habe in einem Gemisch ihre eigne Partialspannung, so pflegen die Meteorologen das Maass der Feuchtigkeit in der Luft durch die vermeintliche Partialspannung des darin enthaltenen Wasserdampfs darzustellen. Wir haben diese Auffassungsart bereits als unrichtig gekennzeichnet. Werden Gase unter verschiedenem Druck in denselben Raum gebracht, so wird der Gesammtdruck stets kleiner oder grösser sein als die Summe der Einzeldrucke vor der Vermischung, je nachdem die Gase mehr oder weniger compressibel sind, als sie nach dem Mariotteschen Gesetze sein würden. Werden z. B. 1 l gesättigter Wasserdampf von 100° Temperatur und 760 mm Spannung und 1 l Luft von gleicher Temperatur und Spannung in den Raum eines Liters gebracht, so kann der Druck nicht auf volle 1520 mm steigen. Denn sowohl Luft wie Wasserdampf werden durch Verdoppelung des Drucks um mehr als die Hälfte comprimirt. Wenn also das Volumen des Gemisches etwas weniger als ein Liter wäre, so würde der Druck 2 Atmosphären betragen; für das Volumen eines Liters ist er folglich etwas kleiner. In der That ist auf experimentellem Wege längst constatirt worden, dass die Druckvermehrung, die ein Gas durch Hinzufügung eines gesättigten Dampfes erfährt, stets kleiner ist als die Spannung des

letzteren. Das neue Gesetz der Gasmischung liefert für diese Erfahrungsthatsache eine zureichende Erklärung, indem es ihre Nothwendigkeit im Voraus erschliessen lässt. Unsere Auffassungsart ändert zugleich wesentlich die herkömmlichen Vorstellungen über gesättigte Dämpfe. Bisher hat man ohne Einschränkung die Maximalspannung als das Charakteristicum der gesättigten Dämpfe angesehen. Lässt man jedoch die falsche Idee von Partialdrucken fallen, so wird begreiflich, dass jeder Dampf auf einen beliebig hohen Druck gebracht werden kann, wenn er nur mit einem andern, bei der betreffenden Temperatur oder wenigstens innerhalb der fraglichen Drucke nicht condensirbaren Gase hinreichend verdünnt wurde. Der Wasserdampf in der Atmosphäre befindet sich stets unter dem Drucke, welcher dem jeweiligen Barometerstande entspricht, möge nun seine Maximalspannung im leeren Raume 100 mm oder 0,1 mm betragen. Als unzweideutiges Charakteristicum des gesättigten Dampfes, sobald dieser nicht mehr für sich allein existirt, bleibt folglich nur die Menge, welche in einem gegebenen Raum enthalten ist, übrig. Ein Kubikmeter nimmt z. B. bei 20° 17 g Wasserdampf auf, nicht mehr und nicht weniger, einerlei ob der Raum mit Luft unter einer oder fünfzig Atmosphären Druck, ob er mit Sauerstoff, Wasserstoff oder Kohlensäure gefüllt oder ob er leer ist. Der Menge des gesättigten Dampfes in einem gegebenen Raume entspricht nun die Entfernung seiner Molecüle voneinander. Bei Zusammendrückung tritt Verflüssigung ein, sobald die Molecüle bis auf eine von der Temperatur abhängige Entfernung einander nahe gerückt sind, gleichviel ob sich zwischen den Molecülen des betreffenden Dampfes noch andere Gase befinden oder der Raum leer ist.

Während hienach die Zusammendrückung des Dampfes in einem andern Gase derartig vor sich geht, dass sein Partialvolumen der für ihn gültigen Beziehung zwischen Volumen und Druck so folgt, als wenn es allein vorhanden wäre, findet die Condensation in solcher Weise statt, als wenn der Dampf den Raum allein und ganz ausfüllte. In einem Gemisch wird also ein Dampf noch über den gewöhnlichen Sättigungsdruck hinaus comprimirt, und das Gesetz der Abhängigkeit des Volumens vom Drucke hat noch für solche Drucke, die grösser sind als derjenige des gesättigten Dampfes im leeren Raum, eine Bedeutung. So könnte man sich z. B. durch Experimente eine Tabelle ver-

schaffen, welche die Volumina eines Grammes Wasserdampf von 0° für Drucke bis zu 50 Atmosphären angiebt. Zu diesem Zwecke hätte man nur die Volumina eines Gemisches von Luft und Wasserdampf unter verschiedenen Drucken experimentell festzustellen, hievon die Partialvolumina der Luft unter denselben Drucken abzuziehen und aus den so erhaltenen Partialvolumina der betreffenden Quantität Wasserdampf die Volumina eines Grammes zu berechnen. Eine solche Tabelle würde z. B. angeben, dass 1 g Wasserdampf bei 0° und Atmosphärendruck den und den Raum einnimmt. Diese Angabe hätte aber unter den gewöhnlichen Umständen nur eine fictive Bedeutung, da sich reiner Wasserdampf bei 0° nur auf höchstens 4,6 mm und nicht auf eine Atmosphäre Spannung bringen lässt. Sollte jedoch bei Dämpfen in ähnlicher Weise wie bei Flüssigkeiten und Lösungen eine Unterkühlung, d. h. eine Uebersättigung möglich sein, so würde jenem fictiven Wasserdampfvolumen auch ein reeller Sinn beigelegt werden müssen.

Ich lasse jedoch diesen Gegenstand auf sich beruhen, da bisher, soviel mir bekannt, noch keine Versuche angestellt worden sind, um entweder die Möglichkeit oder aber die Unmöglichkeit der Uebersättigung nachzuweisen, und sehe deshalb jene Volumensangabe vorläufig als eine fictive an. Es entsteht dann aber die Frage: Wie kommt es, dass ein exactes physikalisches Gesetz nicht zugleich eine Hindeutung auf die Grenzen seiner Anwendbarkeit enthält, dass der Gang einer Function auch da noch fortgesetzt werden kann, wo sie bereits keinen Sinn mehr zu haben scheint? Diese Frage ist einfach dahin zu beantworten, dass, wenn zu irgend einem Vorgang neue abändernde Einflüsse hinzutreten, diese auch von Neuem ihrer Wirkung nach zu veranschlagen sind, und dass eine Function oder ein mathematisch formulirtes Gesetz einer grössern analytischen Tragweite fähig ist, als die Begrenzung seines Geltungsgebietes in der Natur zulässt. Die Bewegung eines geworfenen Körpers erfolgt z. B. in einer Parabel, deren Lauf man aus der Anfangsgeschwindigkeit und der Richtung der Bewegung bestimmen kann; kommt aber ein Stoss dazwischen, der die Richtung der Bewegung abändert, so kann man diese Abänderung nicht schon aus der Gleichung der betreffenden Parabel voraussehen, sondern muss den Stoss erst mit in Anschlag bringen.

Ebenso giebt das Gay-Lussacsche Gesetz fictive Werthe für

das Volumen eines chemisch zusammengesetzten Gases, sobald letzteres durch die Temperaturerhöhung zersetzt wird. Desgleichen muss das von mir aufgefundene Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen zu fictiven Werthen führen, sobald man es zur Berechnung der Siedetemperaturen einer Flüssigkeit für Drucke über dem kritischen Punkt oder der Spannungen eines gesättigten Dampfes für Temperaturen, welche höher als der chemische Zersetzungspunkt des betreffenden Stoffes belegen sind, benutzen will. Wäre ein Gesetz bekannt, welches das Volumen einer Flüssigkeit durch eine Temperaturfunction ausdrückte, so würde diese Function ebenfalls fictive Werthe für das Volumen geben, sobald man dieses für eine Temperatur unter dem Gefrierpunkt berechnen wollte; aber diese fictiven Werthe würden sich als wirkliche erweisen, wenn man sie auf den Fall der Unterkühlung bezöge. Ebenso zeigen die fictiven Werthe der Dampfvolumina ihre reelle Bedeutung, sobald man sie auf Dämpfe bezieht, die mit andern Gasen mechanisch gemischt sind.

3. In dem früher erschienenen Theil dieser Schrift sind die Abweichungen der Kohlensäure vom Mariotteschen Gesetze durch die Bildung von Doppelmolecülen erklärt worden. Diese Erklärungsart können wir verallgemeinern, indem wir überhaupt die in Verminderungen des Drucks oder des Volumens bestehenden Abweichungen vom Mariotteschen Gesetze oder, kürzer ausgedrückt, die Minusabweichungen auf Bildung zusammengesetzter Molecüle zurückführen, da hiedurch nach dem Avogadroschen Gesetz der Druck sich in demselben Maasse vermindern muss, wie die Anzahl der Molecüle. Alle Plusabweichungen dagegen sind, wie in dem früher erschienenen Theil dieser Schrift ausgeführt wurde, dem Umstand zuzuschreiben, dass der Druck nicht dem ganzen Volumen, sondern dem Zwischenraum zwischen den Molecülen umgekehrt proportional sein muss. Wenn wir nun das Avogadro-Gay-Lussac-Mariottesche Gesetz dahin formuliren, dass der zu einem Molecül zugehörige Raum, wenn man in seine Grösse das Volumen des Molecüls nicht miteinrechnet, der Temperatur direct und dem Drucke umgekehrt proportional, aber bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke für jedes Molecül, zu welcher Stoffart es auch gehören möge, derselbe ist, so wird klar, dass durch Vereinigung mehrerer Molecüle zu einem die zugehörigen Räume gleichfalls in einen zusammenschrumpfen müssen und folglich das Gesammtvolumen abnehmen muss. Ein

derartig formulirtes Gasgesetz kann nun auch zur Grundlage einer allgemeinen Zustandsgleichung für alle Aggregatzustände dienen, sobald man dabei ausser dem äussern Druck auch noch den innern Zug der Molecüle in Rechnung bringt, welcher bei Gasen freilich verschwindend klein, bei Flüssigkeiten und festen Körpern aber unverhältnissmässig gross ist. Hievon und von den sonstigen allgemeinen Consequenzen unserer Theorie der Molecülvervielfachung wird im zehnten Capitel des Näheren die Rede sein, weswegen wir uns hier auf die Ausführung derjenigen ihrer Folgerungen beschränken, welche in Zusammenhang mit den sich an die Gasmischung knüpfenden Erscheinungen stehen.

Da mit zunehmender Verdichtung eines Gases die Anzahl und Grösse der sich bildenden Polymolecüle gleichfalls steigen muss, so können wir annehmen, dass die Verflüssigung eintritt, sobald deren Grösse eine gewisse Grenze überschreitet. Bei gemischten Gasen muss diese Grenze offenbar eher erreicht werden, wenn die Substanzen im flüssigen Zustande mischbar sind, weil die letztere Thatsache darauf hindeutet, dass sich Molecüle verschiedener Stoffarten zu Polymolecülen vereinigen können. In Uebereinstimmung damit befindet sich die Thatsache, dass in Dampfgemischen die zur Sättigung erforderlichen Mengen der einzelnen Substanzen kleiner sind als bei Dämpfen, die aus nur einem dieser Stoffe bestehen, vorausgesetzt, dass dieselben, wie z. B. Wasser und Alkohol, im flüssigen Zustande miteinander mischbar sind.

Zum besseren Verständniss dieser Vorgänge ist es erforderlich, einen Blick auf das Wesen der Mischungen überhaupt, nicht blos der Gasmischungen, zu werfen. Man unterscheidet bekanntlich mechanische und physikalische Gemische. In die erstere Kategorie gehören durch Schütteln und Rühren künstlich hergestellte Mischungen, z. B. von Wasser und Oel, die sich naturgemäss von selbst wieder auflösen. Die zweite Kategorie wird durch diejenigen Mischungen vertreten, die von selbst infolge der Molecularkräfte entstehen, sobald die betreffenden Substanzen zusammengebracht werden. Giesst man z. B. Alkohol auf Wasser, so diffundirt sogleich der leichtere Alkohol nach unten in das Wasser und das schwerere Wasser nach oben in den Alkohol, und beide bilden alsbald ein gleichförmiges Ganze. Zur physikalischen Mischung gehört vor Allem eine gewisse Beziehung zwischen den zu mischenden Stoffen, die der chemischen

Affinität analog ist und die wir deswegen Mischungsverwandtschaft nennen werden. Im Gegensatz zum Verhalten chemischer Elemente, zu deren Verbindung ein gewisses Maass von Unähnlichkeit der zu vereinigenden Stoffarten erforderlich ist, haben grade die ähnlichsten Stoffe die grösste Mischungsverwandtschaft; denn Flüssigkeiten, welche derselben Gattung angehören, mischen sich, wie z. B. Oele mit Oelen, Alkohole mit Alkoholen, Aether mit Aethern, fette Säuren mit fetten Säuren, in jedem Verhältniss. Wenn aber Stoffe, die sehr unähnlich sind, wie z. B. Schwefelsäure und Wasser, sich dennoch miteinander mischen, so wird die Mischung um so inniger, d. h. die Bestandtheile sind um so schwieriger zu trennen, und hierin zeigt die physikalische Mischung wiederum ihre Analogie mit der chemischen Verbindung.

4. Nicht blos Flüssigkeiten mischen sich, sondern Körper jedes Aggregatzustandes. Bei den Gasen hat man freilich bisher keinen Unterschied zwischen mechanischer und physikalischer Mischung constatiren können; denn ein Gas diffundirt nicht aus Mischungsaffinität in ein anderes hinein, sondern lediglich mechanisch in den Raum, den dieses einnimmt. Eine physikalische Mischung von Gasen würde sich aber durch eine Contraction und Wärmeentwicklung charakterisiren können. Wenn sich Flüssigkeiten mischen oder feste Körper durch Zusammenschmelzen vereinigt werden, findet nämlich in der Regel eine Zusammenziehung des Volumens und eine entsprechende Wärmeentbindung statt, und diese Wirkungen sind um so grösser, je intensiver das Mischungsbestreben war, je inniger die gebildete Mischung wird. Die Analogie legt die Vermuthung nahe, dass etwas Aehnliches auch bei den Gasen stattfinde. Hinsichtlich der Luft haben wir freilich nachgewiesen, dass die Summe der Partialvolumina des darin enthaltenen Sauerstoffs und Stickstoffs vor und nach der Mischung dieselbe ist. Dies beweist aber nur, dass Sauerstoff und Stickstoff zu einander keine merkliche Mischungsverwandtschaft haben. Das Gesetz der Partialvolumina findet für sich allein eben nur auf die mechanische Mischung, — nicht blos der Gase, sondern der Körper aller Aggregatzustände — Anwendung; bei physikalischen Mischungen muss es in Verbindung mit einem Gesetz der Contraction durch die Mischungsaffinität gebraucht werden, wenn aus den Volumina der Bestandtheile dasjenige der Mischung berechnet werden soll. Ein weiteres Mo-

ment für die Existenz einer physikalischen Mischung bei Gasen ist die erst neuerdings constatirte Auflösung von festen Körpern oder Flüssigkeiten in Gasen. Da nämlich, wie gesagt, sich die Stoffe aller Aggregatzustände mischen, so ergeben sich in Beziehung auf die drei Aggregatzustände sechs Mischungscombinationen. Nun hat jede physikalische Mischung einen einheitlichen Aggregatzustand, weil ein Gemisch von Stoffen verschiedener Aggregatzustände, wenn sich dieselben, wie z. B. bei einem Brei aus Mehl und Wasser, im Gemisch erhalten, ohne dass sich einer den andern assimilirt, eben nur als ein mechanisches betrachtet werden kann. Es kann demzufolge das Ergebniss einer jeden von jenen sechs Mischungscombinationen irgend einem der drei Aggregatzustände angehören, so dass sich hiedurch achtzehn Mischungsmöglichkeiten ergeben, von denen vierzehn empirisch constatirt und in folgender erläuternder Zusammenstellung aufgeführt sind:

1) Zwei oder mehrere feste Körper vereinigen sich zu einem festen Körper. Dies wird z. B. durch Zusammenschmelzen bewerkstelligt, wie bei den Metalllegirungen, oder durch Zusammenkrystallisiren der in demselben Lösungsmittel aufgelösten Stoffe, wie bei Salzen, die wegen gleicher Krystallform zusammenkrystallisiren können.

2) Feste Körper bilden durch physikalische Mischung eine Flüssigkeit. Bekanntlich haben nämlich Metalllegirungen, Salzlösungen und andere flüssige Gemische oft eine tiefer liegende Erstarrungstemperatur als der am schwersten erstarrende Bestandtheil. In diesem Falle ist also ein Gemisch bei einer Temperatur flüssig, wo die Bestandtheile fest sind.

3) Ein fester Körper assimilirt sich eine Flüssigkeit, d. h. er absorbirt sie und bleibt dabei fest. So kann z. B. Natrium sich mit der zehnfachen Gewichtsmenge Quecksilber zu einem bei gewöhnlicher Temperatur festen Amalgam vereinigen.

4) Feste Körper lösen sich, wie allbekannt, in Flüssigkeiten auf.

5) Ein fester Körper absorbirt ein Gas und bleibt fest. So bildet z. B. das Palladiummetall eine Art Legirung mit Wasserstoff. Diese Art Assimilirung der Gase durch feste Körper ist nicht zu verwechseln mit jener Art Absorptionsvermögen, das poröse Körper für Gase haben; hier füllt das Gas, wenn auch in verdichtetem Zustande, blos die sichtbaren Poren aus. Wird

aber Wasserstoff von Palladium absorbirt, so bildet er mit dem Metall eine gleichförmige Masse, und es findet eine der Menge des Wasserstoffs entsprechende Volumenzunahme statt.

6) Durch physikalische Mischung eines festen Körpers und eines Gases entsteht eine Flüssigkeit. Wird z. B. Ammoniakgas mit Eis zusammengebracht, so schmilzt das Eis und es bildet sich eine flüssige Ammoniaklösung, deren Temperatur unter — 40° liegen kann.

7) Ein fester Körper löst sich in einem Gase auf. Das Lösungsvermögen der Gase muss nach Analogieschlüssen, wie dasjenige der Flüssigkeiten, mit der Temperatur, aber auch mit dem Drucke steigen, da Gase die Nichtgase ihrem Aggregatzustande um so leichter assimiliren müssen, je dichter die ersteren sind. In der That haben bei hoher Temperatur und hohem Druck die Dämpfe von Kohlenwasserstoffverbindungen nach Hannay eine auffallende Lösungsfähigkeit für feste Körper.

8) Das Gemisch zweier Flüssigkeiten kann fest sein. So bilden z. B. gleiche Mengen von Brom und Wasser durch ihre Vermischung bei Temperaturen von 0° bis 15° eine feste Masse, welche Bromhydrat genannt wird.

9) Das Gemisch von Flüssigkeiten ist in der Regel wiederum eine Flüssigkeit.

10) Eine Flüssigkeit kann sich mit einem Gase zu einem festen Körper vereinigen, z. B. Wasser, welches mit Chlor eine krystallinische Verbindung bildet.

11) Flüssigkeiten assimiliren sich Gase oder, wie man gewöhnlich sagt, sie lösen Gase auf.

12) Flüssigkeiten können sich, gleich festen Körpern, in einem Gase auflösen. Hiedurch erklären sich verschiedene, von Andrews und Cailletet bei der Zusammendrückung von Gasen beobachtete Phänomene. Es vermag nämlich ein mit einem Gemisch aus Kohlensäure und Stickstoff oder Luft gefüllter Raum von dem ersteren Gase weit grössere Mengen aufzunehmen, als zur Sättigung eines Raumes, der blos mit Kohlensäure angefüllt wird, nöthig ist. So kann ein Gemisch von $^3/_7$ Volumen Kohlensäure und $^4/_7$ Stickstoff bei 7,6° auf $^1/_{378}$ seines Volumens bei Atmosphärendruck comprimirt werden, ohne dass Verflüssigung eintritt; in diesem Falle ist der Raum mit doppelt so viel Kohlensäure angefüllt, als sonst zur Sättigung erforderlich ist. Ein Gemisch gleicher Volumina Kohlensäure und Luft bleibt eben-

falls gasförmig bei 0° unter einem Drucke von 400 Atmosphären. Ferner hat Cailletet gefunden, dass Kohlensäure, wenn sie mit 1/5 ihres Volumens Luft oder Wasserstoff gemischt ist, bei der Compression erst flüssig wird, dann aber wieder in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht, sobald der Druck auf einige Hunderte von Atmosphären gestiegen ist. Diese Erscheinung, um deren zureichende Erklärung sich die Physikgelehrten bisher vergebens bemüht haben, ist einfach dahin aufzufassen, dass sich die flüssige Kohlensäure in dem darüber befindlichen Gase auflöst, sobald das letztere eine hinreichende Dichtigkeit erlangt hat.

13) Gase können durch Mischung eine Flüssigkeit bilden. So z. B. Chlorwasserstoff oder Ammoniak mit Wasserdampf.

14) Gemische von Gasen sind in der Regel wieder gasförmig.

Die Auflösung von Nichtgasen in Gasen zeigt uns, dass ein Stoff zuweilen lediglich darum im gasförmigen Aggregatzustande verbleibt, weil er in einem andern Gase suspendirt ist. Dann muss aber zwischen den Molecülen der beiden Stoffe eine Einwirkung stattfinden, welche die Condensation des einen von ihnen hindert. Dies vorausgesetzt, kann das Gasgemisch in jenem Falle nicht mehr als ein blos auf dem allgemeinen Ausbreitungsbestreben der Gase beruhendes Nebeneinanderbestehen in demselben Raume angesehen, sondern muss als eine innige Mischung, in der die Molecüle der verschiedenen Stoffe auf irgend eine Weise aneinander gebunden sind, aufgefasst werden. Giebt man demgemäss zu, dass die erwähnten Mischungen aus Kohlensäure und Stickstoff oder Wasserstoff unter Umständen, wo die Kohlensäure für sich allein nur im flüssigen Aggregatzustande vorhanden sein würde, nicht blosse mechanische, sondern physikalische, durch die Mischungsaffinität bewirkte Verbindungen sind, und folglich jene Art der Molecularkräfte, in denen das Mischungsbestreben der Flüssigkeiten seinen Grund hat, auch den Molecülen im Gaszustande zukommt, so kann man sich der Consequenz nicht entziehen, dass die fraglichen Gasarten überhaupt Mischungsaffinität haben, die unter allen Umständen mit grösserer oder geringerer Intensität ihre Rolle spielt. Man wird also jedes Gemenge von Kohlensäure und Luft als ein physikalisches ansehen müssen, wogegen Gemenge von Dämpfen, die im nichtgasförmigen Zustande erweislich kein Mischungs-

bestreben zueinander haben, wie z. B. Quecksilber, Wasser, Schwefelkohlenstoff u. s. w., nur als rein mechanische, gleich denjenigen von Wasser und Oel, aufzufassen sind.

Nach mechanischen Gesichtspunkten sind die Mischungen einzutheilen in solche, die einen stabilen Gleichgewichtszustand vorstellen, und solche, die sich nicht im stabilen Gleichgewichtszustande befinden. Die letztere Kategorie wird durch die erwähnten mechanischen Gemenge mit Ausschluss der Gasgemische vertreten. Das Eigenthümliche dieser letzteren und der physikalischen Gemische besteht darin, dass die Kräfte, durch welche sie hervorgebracht werden, schon von selbst in oder zwischen den miteinander mischbaren Körpern thätig sind und nicht eher ihr Gleichgewicht finden, als bis jedes Theilchen des Raumes, den das Gemisch einnimmt, die gemischten Substanzen immer in demselben Verhältniss der Quantitäten enthält. Solange nämlich die ganze Mischung nicht in allen ihren Theilen gleichförmig, d. h. die Mengenverhältnisse ihrer Bestandtheile überall die nämlichen geworden sind, muss das Mischungsbestreben noch fortdauern, und jede Störung bereits vorhandener Gleichförmigkeit hat auch eine Störung des Gleichgewichts, d. h. eine erneuerte Thätigkeit des Mischungsbestrebens zur Folge. Würde z. B. in einem Gemisch aus Wasser und Alkohol an den an der Oberfläche belegenen Theilen der Alkohol ganz oder theilweise durch Abdampfen entfernt, so müssten alsbald, infolge der Mischungsaffinität zwischen Wasser und Alkohol, die Molecüle des letzteren sich von innen nach aussen und die Wassermolecüle von aussen nach innen bewegen, um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Dieses besteht hier immer in der gleichförmigen Vertheilung beider Stoffe im ganzen Raume des Gemisches, wogegen es bei Wasser und Oel, weil diese keine Mischungsaffinität zueinander haben, keine andere Gestaltung des Gleichgewichtes geben kann, als dass sich das leichtere Oel gänzlich und allein über dem schwereren Wasser befindet.

Ein anderes Beispiel ist der Fall eines Gemisches von Wasserdampf und Luft, dem an einer Stelle durch trocknende Substanzen oder durch die condensirende Wirkung einer Temperaturerniedrigung ein Theil des Wasserdampfes entzogen werden möge. Sobald in dem Gemisch ein Theil des Raumes keinen oder weniger Wasserdampf enthält als die übrigen, strömt der hier befindliche, vermöge des den Gasen eignen

Diffusionsbestrebens, nach der Lücke hin, bis wieder gleichförmige Vertheilung eingetreten ist. Dieses Gleichgewicht ist sowohl bei Gasmischungen als bei allen auf Mischungsaffinität beruhenden erfahrungsgemäss ein stabiles; die gleichförmige Vertheilung der Bestandtheile bleibt daher bei allen Veränderungen, denen das Gemisch als Ganzes unterworfen wird, ungestört dieselbe, sofern nicht besondere Ursachen vorhanden sind, welche das Gleichgewicht stören oder durch Aufhebung oder Veränderung der (im gasförmigen Aggregatzustande oder in der von Temperatur und Dichtigkeit abhängigen Mischungsaffinität begründeten) Mischungskräfte anders gestalten könnten. Aus diesem Grunde verhalten sich Gemische, wie z. B. die Luft, in vielen Beziehungen wie physikalisch einfache Körper und können daher auch als einheitliche Ganze betrachtet und behandelt werden.

5. Unsere neue Theorie der Gasmischungen hat dadurch, dass sie die Vorstellung von Partialdrucken unbedingt verwirft, beachtenswerthe Consequenzen für die richtige Auffassung hygrometrischer Feststellungen, sowie für die Gesetze der Verdunstung fester und flüssiger Körper. Der jeweilige Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre darf nicht mehr durch die vermeintliche Partialspannung des mit der Luft vermischten Wasserdampfes oder durch die Quote, welche diese angebliche Partialspannung von der bei der betreffenden Temperatur überhaupt möglichen Maximalspannung sein soll, angezeigt werden. Die Grösse dieser angeblichen Partialspannung könnte nur eine rein fictive Bedeutung haben, nämlich als die Grösse derjenigen Spannung, die der in der Luft enthaltene Wasserdampf haben würde, wenn er seinen Raum allein ausfüllte. Aber auch abgesehen davon, dass eine derartige indirecte Definition der atmosphärischen Feuchtigkeit unbefriedigend sein würde, ist die Art und Weise, wie die angebliche Partialspannung gemessen wird, nicht einmal mathematisch exact, wenn sie auch, Dank den geringen Abweichungen der Luft und des Wasserdampfes vom Mariotteschen Gesetz, praktisch nur zu unerheblichen Fehlergrössen führen kann.

Das gewöhnliche hygrometrische Verfahren besteht bekanntlich darin, dass eine Glas- oder Metallfläche, z. B. die Kugel eines Thermometers, bei freiem Zutritt der zu untersuchenden Luft solange abgekühlt wird, bis der Wasserdampf anfängt, sich

auf derselben niederzuschlagen. Alsdann, so lautet die bisherige Erklärung, sei die Partialspannung des Wasserdampfes in der Luft zur Maximalspannung geworden, weil er bei der erniedrigten Temperatur einer höheren Spannung nicht mehr fähig, also gesättigt ist. Bei einer weiteren, wenn auch noch so kleinen Temperaturerniedrigung wird er sich also an der betreffenden Fläche condensiren. Man brauche also nur die Temperatur, bei welcher die Condensation beginnt, festzustellen und die entsprechende Spannung gesättigten Wasserdampfes in den Tabellen nachzusehen, so habe man damit ohne Weiteres die Partialspannung des Wasserdampfes in der zu untersuchenden Luft, also auch deren Feuchtigkeitsgrad, vollständig bestimmt. In Wirklichkeit kann aber der Vorgang nur folgender sein: Durch die Abkühlung der Glas- oder Metallfläche und ihrer nächsten Umgebung vermindert sich zunächst die Gesammtspannung des Gemisches von Luft und Wasserdampf an der Fläche; infolge des überwiegenden Druckes der nicht an der Temperaturerniedrigung theilnehmenden Atmosphäre strömt jedoch sogleich neue Luft dorthin, so dass das schliessliche Ergebniss keine dauernde oder bedeutende Spannungsveränderung, sondern eine Verdichtung des Luft-Wasserdampf-Gemisches an der abgekühlten Fläche ist. Das Mengenverhältniss der Bestandtheile wird jedoch durch diese Verdichtung nicht geändert, da keine Ursache vorhanden ist, welche das durch die überall gleichförmige Vertheilung repräsentirte stabile Gleichgewicht stören, geschweige dauernd aufheben könnte. Die Verdichtung nimmt in dem Maasse zu, als die Temperatur sinkt, so dass die in der Raumeinheit enthaltene Wasserdampfmenge in der Nähe der abgekühlten Fläche immer mehr steigt. Gleichzeitig wird aber diejenige Wasserdampfmenge, welche zur Sättigung der Raumeinheit erforderlich sein würde, mit abnehmender Temperatur immer kleiner. Bei einer gewissen Temperatur werden beide Grössen gleich und folglich an der abgekühlten Fläche der Dampf gesättigt sein. Diese Temperatur ist es, die sich durch die beginnende Niederschlagung ankündigt und den Ausgangspunkt für die hygrometrische Bestimmung abzugeben hat. Diese Bestimmung hat nun aber in ganz anderer Weise stattzufinden, als wie es die falschen Vorstellungen von einem Partialdrucke mitsichbrachten. Zunächst ist die jener Temperatur entsprechende Menge des gesättigten Wasserdampfes in der Raum-

einheit aus den betreffenden Tabellen zu entnehmen; diese Grösse ist dann mit Rücksicht auf die besprochene Verdichtung des Luft-Wasserdampf-Gemisches auf die höhere Lufttemperatur zu reduciren, wobei das Gay-Lussacsche Gesetz für die Ausdehnung und Verdichtung der Gase bei Temperaturänderungen mit hinreichender Annäherung benutzt werden kann.

Nehmen wir z. B. an, man wolle einmal den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre bei 20° und 700 mm Barometerstand bestimmen. Die Kugel eines Thermometers werde mit Aether betropft, der rasch verdunstet und die dazu erforderliche Wärmemenge dem Thermometer entzieht, dessen Temperatur daher stark sinken wird. Setzen wir nun, es zeige sich bei 10° der erste leichte Niederschlag auf der Thermometerkugel. Da bei dieser Temperatur ein Raum 0,0093 mg Wasserdampf pro Kubikcentimeter aufnehmen kann, so muss die Luft in unmittelbarer Nähe der Thermometerkugel eine solche Menge enthalten; da sie sich aber durch Erniedrigung ihrer Temperatur von 20° auf 10° nach dem Gay-Lussacschen Gesetze um $\frac{10}{283}$ verdichtet hat, so ist ausserhalb der Thermometerkugel ihr Wasserdampfgehalt um $\frac{10}{293}$ geringer, also nur 0,009 g pro Liter. Wäre die Luft bei 20° mit Wasserdampf gesättigt, so würde sie 0,017 g im Liter enthalten; in dem fraglichen Falle ist ihr Feuchtigkeitsgehalt demgemäss 53 Procent des zur Sättigung erforderlichen. Das Resultat der Messung besteht also darin, dass die Luft in dem fraglichen Falle 9 mg Wasserdampf im Liter enthalte oder zu 53 Procent gesättigt sei, und damit hat man Alles, was man braucht.

Ein zweiter Gegenstand, der durch unsere neue Lehre von dem Wesen der Gasmischungen berührt wird, nämlich die Gesetze der Verdunstung, hat den Physikern stets bedeutende Schwierigkeiten bereitet wegen des Einflusses, den die Erfüllung des über einem verdunstenden Körper befindlichen Raumes mit dem Dampfe des verdunstenden Stoffes ausübt. Bei jeder Verdampfung nämlich bilden sich über der verdampfenden Flüssigkeit Dämpfe, die zwar, wenn der Raum nicht begrenzt ist, ins Weite diffundiren, aber immer wieder von Neuem entstehen und so der Verdampfung einen merklichen Widerstand entgegensetzen. Speciell bei der Verdampfung des Wassers kommt ausserdem noch der Widerstand der in der Luft bereits vorhandenen Feuchtigkeit gegen die weitere Erfüllung mit Wasser-

dampf, als eine die Verdunstung hemmende Ursache, in Betracht. Die Existenz eines derartigen Widerstandes leuchtet sogleich ein, wenn man bedenkt, dass bei Erfüllung eines Raumes mit dem Dampfe irgend eines Stoffes schliesslich ein Maximum, die sogenannte Sättigung eintritt, indem jede weitere Quantität der nämlichen Stoffspecies ein absolutes Hinderniss findet, den Raum gasförmig einzunehmen. Im gesättigten Dampfe findet keine Verdampfung mehr statt und kann auch keine stattfinden. Wie nun ein gesättigter Dampf einen absoluten Widerstand gegen weitere Dampfbildung ausübt, so übt jeder ungesättigte Dampf einen bemessenen Widerstand aus, und es ist klar, dass diejenige Quantität, die dem betreffenden ungesättigten Dampfe zur Sättigung noch fehlt, eine im umgekehrten Verhältniss zu- und abnehmende Function dieses Widerstandes sein muss. Die Verdunstungsgeschwindigkeit einer Flüssigkeit gegen einen Raum, der nicht bis zur vollen Sättigung mit Dampf ihrer Art angefüllt ist, muss von dem Widerstande des letzteren gleichfalls im umgekehrten Verhältnisse abhängig sein, d. h. sie muss sich vermindern, wenn jener Widerstand wächst, und zunehmen, wenn er abnimmt; ihre Veränderung muss also derjenigen der zur Sättigung fehlenden Dampfmenge parallel gehen. Die experimentellen Feststellungen gestatten, das Ergebniss dieser Schlussfolgerung zu ergänzen, indem nach ihnen die Verdunstungsgeschwindigkeit unter sonst gleichen Umständen jener Differenz einfach proportional ist. Diese Fassung des Daltonschen Verdunstungsgesetzes stimmt zwar sachlich mit derjenigen überein, nach welcher die Verdunstungsgeschwindigkeit der Differenz zwischen der möglichen Maximal- und der angeblichen Partialspannung des über dem verdunstenden Körper befindlichen Dampfes proportional sein soll, ist aber formell die allein richtige. Beide Differenzen sind nämlich einander sehr nahe proportional, aber die zweite, die seit Dalton als die Verdampfungsgeschwindigkeit bestimmend angesehen wurde, hat nun keinen Sinn mehr, da die Unhaltbarkeit der Partialdruckvorstellung nachgewiesen worden ist. Nebenbei bemerkt, gilt unsere neue Fassung des Verdunstungsgesetzes gleich den älteren nicht blos für Flüssigkeiten, sondern auch für flüchtige feste Körper.

6. Zum Schluss sei noch auf die Beziehung unseres Gasmischungsgesetzes zu dem Gesetze des Zwischenvolumens und dem nach dem letzteren modificirten Avogadroschen Gesetz hin-

gewiesen. Legt man zunächst unser Gesetz der Partialvolumina als gegeben zu Grunde, so gelangt man zu dem Schluss, dass das Zwischenvolumen einer Gasmischung gleich der Summe der Zwischenvolumina der Bestandtheile sei. Da nämlich einerseits die Volumina der Molecüle in der Vermischung keinen Grund zur Veränderung haben können, das Molecülvolumen des Gemisches sich also aus den Molecülvolumina der Bestandtheile durch einfache Summirung zusammensetzt, und andererseits die nämliche Beziehung, unserm neuen Gasgesetz zufolge, für die ganzen Volumina stattfindet, so muss dies auch für die Differenzen der Gesammt- und Molecülvolumina, d. h. für die Zwischenvolumina, der Fall sein. Man könnte aber auch umgekehrt das Gesetz, dass das Zwischenvolumen dem Druck umgekehrt proportional sei, als für gemischte wie für einfache Gase ohne Weiteres gültig, zu Grunde legen und so das Gesetz der Partialvolumina rationell ableiten. Eine für das unmittelbare Anwendungsgebiet des Zwischenvolumengesetzes, d. h. bei gewöhnlicher Temperatur für Drucke von über 1000 Atmosphären gültige Bewahrheitung durch eine derartige rationelle Ableitung würde aber noch die Annahme erfordern, das Partialvolumengesetz fände in irgend einem Zustande, etwa bei grosser Verdünnung, ohnedies statt. Man hätte nämlich nach dem Zwischenvolumengesetz die Gleichung $v = x + \frac{R}{p}$, und wenn man mit v' das Volumen eines andern Gases unter demselben Drucke p und mit x' dessen Molecülvolumen bezeichnet, analog $v' = x' + \frac{R'}{p}$.

Für das Gemisch der beiden Gase erhielte man $v'' = x + x' + \frac{R''}{p}$.

Es handelt sich nun darum, nachzuweisen, dass $R'' = R + R'$ ist; denn dieser Satz ist erforderlich, damit v'' stets $= v + v'$ sei. Setzt man die letztere Beziehung für irgend einen Werth von p voraus, so gilt die erstere allgemein, da R, R', R'' der Voraussetzung nach Constanten sind. Das Partialvolumengesetz ist aber grade dann am wenigsten zu bezweifeln, wenn es als Grenzbeziehung für unbeschränkt grosse Verdünnungen aufgestellt wird, da hiebei das Molecülvolumen und die intermolecularen Kräfte nur einen unbeschränkt kleinen Einfluss auf die Gestaltung von Druck und Volumen des Gemisches ausüben können; in diesem Falle ist also die Gleichung $\frac{R''}{p} = \frac{R + R'}{p}$

fast selbstverständlich und demgemäss die Beziehung $R'' = R + R'$ erwiesen. Was nun die Beziehung des Gasmischungsgesetzes zum Avogadroschen anbelangt, so war schon in der zweiten Nummer ausgesprochen worden, dass der zu einem Molecül zugehörige Raum unter gleichem Drucke und gleicher Temperatur bei allen Gasarten derselbe sei und sich durch die Vermischung verschiedener Gase nicht ändere, sofern bei diesem Vorgange nur Temperatur und Druck constant erhalten würden. Letztere Folgerung schliesst die Gültigkeit des nach dem Zwischenvolumengesetz modificirten Avogadroschen Gesetzes auch für Gasgemische ein. Bereits in Cap. 2 Nr. 11 ist von dieser Modification des Avogadroschen Gesetzes ausführlich die Rede gewesen und als richtigste Formulirung diejenige bezeichnet worden, wonach, die Gleichheit der Temperatur und des Druckes vorausgesetzt, dasselbe Zwischenvolumen auch immer dieselbe Anzahl Molecüle mitsichbringt. Hiefür kann man auch sagen, jedes Molecül bringe immer einunddasselbe zugehörige Zwischenvolumen mit sich. Es versteht sich nun fast von selbst, dass in dem Vorhandensein verschiedener Molecülarten in demselben Raume kein Grund zur Ungültigkeit dieser Fundamentalsätze liegt. Geht man demgemäss von dem modificirten Avogadroschen Gesetz aus und wendet es auf Gasgemische an, so ergiebt sich sogleich das Zwischenvolumen des Gemisches als Summe der Zwischenvolumina der Bestandtheile; denn es ist klar, dass das Zwischenvolumen einer Gasmenge sich aus den zu den einzelnen Molecülen gehörigen Partialzwischenvolumina durch einfache Addirung zusammensetzt. Da das Gleiche auch für die als unveränderlich vorauszusetzenden Molecülvolumina statthaben muss, so ist die Ableitung des Partialvolumengesetzes hiemit fertig. Die Beziehung des letzteren zum Zwischenvolumengesetz oder dem danach modificirten Avogadroschen ist also eine wechselseitige: einmal bestätigt jenes Gasgesetz die Gültigkeit jedes der beiden andern in voller Allgemeinheit auch für Mischungen; sodann führt die Voraussetzung der allgemeinen Gültigkeit dieser beiden Gesetze durch Anwendung auf Gasgemische zur Einsicht in die Nothwendigkeit des Partialvolumengesetzes. Die Richtigkeit des letzteren ist also nicht blos empirisch, sondern auch theoretisch soweit festgestellt, als nicht die Cohäsion zwischen den Molecülen, die unter verschiedenartigen Molecülen noch durch eine Art Affinität gesteigert werden kann, in Frage

kommt. Wie aber auch derartige Nebenumstände unser Gesetz nicht unzutreffend machen, lehren die in der ersten Nummer dieses Capitels vorgeführten Experimente Amagats, die bei Drucken, wo das blosse Zwischenvolumengesetz ohne Berücksichtigung der Einflüsse der Molecularkräfte nicht mehr zureicht, doch keine merklichen Abweichungen der Thatsachen von unserm Gasmischungsgesetz ersehen lassen. Das Wichtigste hiebei ist aber die Beseitigung der bisherigen falschen Vorstellungen, deren völlige Unhaltbarkeit in diesem Capitel nachgewiesen worden ist.

Sechstes Capitel.

Werth des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen. Gesetz der correspondirenden Verdampfungswärmen.

1. Das im dritten Capitel zuerst veröffentlichte, von mir entdeckte Siedegesetz ist seitdem von Seiten der Zunftgelehrten vielfach als unrichtig signalisirt und zugleich geplündert worden. Seine weittragenden theoretischen und praktischen Consequenzen wurden vor dem Publicum vollständig ignorirt, während zugleich das dazu die Grundlage bildende Gesetz selbst in der unredlichsten Weise angegriffen wurde. Nicht einer der vermeintlichen Widerleger hat es unternommen, die beobachteten und die aus dem Gesetz sich durch Berechnung ergebenden Temperaturgrössen einander gegenüberzustellen, da doch eine Vergleichung des Berechneten und des unmittelbar Beobachteten der einzige Prüfstein für die Wahrheit von Gesetzesformulirungen empirischen Ursprungs ist. Vielmehr haben sich alle Anfechter des Gesetzes fast darauf beschränkt, zu behaupten, dass es mit den empirisch gegebenen Thatsachen nicht übereinstimme, oder sie suchten auf Umwegen durch eine, für das nicht speciell sachkundige Publicum unverständliche Beweismanier zu der Folgerung zu gelangen, das betreffende Gesetz könne nicht richtig sein, zumal es einer andern, von ihnen selbst aufgestellten Formulirung widerspreche. Hiezu gehört unter Anderm der mit einem Plagiat an einem Theil des Gesetzes und seiner Consequenzen verbundene Angriff eines Herrn Winkelmann in Wiedemanns Annalen, worüber der Leser meine Entgegnung nachsehen möge, die sich in ihrer ursprünglichen Fassung, d. h. ohne die abschwächenden Aenderungen, die auf den Wunsch des Redacteurs der Annalen

vorgenommen werden mussten, im elften Capitel dieses Buches abgedruckt findet. Das Plagiat dieses Herrn war übrigens schon früher durch Vermittlung eines Professors von Jolly der Münchener Akademie vorgelegt und in deren Abhandlungen veröffentlicht worden; kennzeichnend ist dabei, dass der besagte Professor die Aufnahme einer von mir eingesandten Reclamation gegen das Winkelmannsche Plagiat unter allerlei schönthuenden Phrasen verweigerte. Auch in Lehrbücher, wie z. B. das Wüllnersche, sind die mir entlehnten Sachen, von denen unter Anderm die Nachweisung einer Verdampfungsgrenze bei allen Stoffen zu nennen ist, als Herrn Winkelmanns Originalitäten aufgenommen worden.

Das von Regnault in den Jahren 1844—58 aufgehäufte Material bildet seit jener Zeit die Grundlage für jede empirische Ableitung von Beziehungen zwischen Temperatur und zugehöriger Maximalspannung eines Dampfes oder, was dasselbe heisst, zwischen der Siedetemperatur einer Flüssigkeit und dem zugehörigen Drucke, sowie für die Bestätigung eventueller Auffindungen von Beziehungen dieser Art auf theoretischem Wege. Niemand hat jedoch vor meiner Entdeckung von diesem Material in der einen oder der andern Weise Gebrauch gemacht. Die Regnaultschen Feststellungen wurden in dem 1862 erschienenen Bande der Memoiren der französischen Akademie übersichtlich zusammengestellt, nachdem ein grosser Theil davon schon mehrere Jahre früher veröffentlicht worden war. In den darauffolgenden fünfzehn Jahren hat es nun Niemand auch nur versucht, daraus eine Beziehung zwischen den zu gleichen Spannungen gehörigen Temperaturen verschiedener Stoffe abzuleiten. Die vorherrschende Ansicht war die, dass eine solche Beziehung gar nicht aufgefunden werden könne; sie wird auch noch heute von den professoralen Gelehrten festzuhalten gesucht. Ein paar Jahre nach der Veröffentlichung meines Gesetzes schossen jedoch von allen Seiten Nachentdeckungen auf; derselbe Vorgang wie nach der Mayerschen Entdeckung der Aequivalentzahl spiegelte sich in dieser Angelegenheit wider; zwar wurde nicht immer genau dieselbe Auffindung reproducirt, sondern eine ähnliche oder etwas abgeänderte; denn sonst hätte ja die meinige nicht als unrichtig signalisirt werden können und die Plagiirung hätte als eine allzu dreiste offen am Tage gelegen. Es hat jedoch die Pariser Akademie das Verdienst der Auchentdeckung meines

Gesetzes, sogar ohne den Schein einer Abänderung, durch einen ihrer nachmaligen Correspondenten, einen Herrn Paul de Mondesir, für sich; auch gebührt ihr die Ehre, meine an den Secretär dieser Akademie eingesandte Reclamation als einen sogenannten Auszug, aber nicht nur mit Weglassungen, sondern auch mit sinnentstellenden Abänderungen, zum Abdruck gebracht zu haben. Im vorletzten Capitel dieser Schrift werden meine Einsendung und die entstellte Veröffentlichung der Akademie einander gegenübergestellt und die letztere näher charakterisirt werden.

2. Eine eigenthümliche Bewandtniss hat es auch mit der Unwahrerklärung meines Gesetzes durch den holländischen Professor van der Waals in einer 1880 erschienenen Abhandlung der Amsterdamer Akademie, die sich in der Schrift des betreffenden Herrn über die Continuität des flüssigen und gasförmigen Aggregatzustandes (deutsch, Leipzig 1881, Cap. 12 u. 13) abgedruckt findet. Sein Haupteinwurf gegen das Gesetz besteht in der Behauptung, dass eine Beziehung zwischen den Siedetemperaturen verschiedener Stoffe für gleiche Spannungen überhaupt nicht existiren könne, — weder in der von mir aufgestellten noch in irgend einer andern erdenklichen Formulirung, — weil die Verschiedenheit der kritischen Drucke damit in Widerspruch stände. Allerdings kann nun mein Gesetz keine Anwendung mehr finden, sobald der Druck, dessen zugehörige Siedetemperatur danach für irgend einen Stoff berechnet werden soll, grösser ist als der kritische, d. h. derjenige Druck, welcher der höchsten Temperatur, bei welcher der flüssige Aggregatzustand überhaupt noch möglich ist, als Siededruck entspricht; aber hieraus folgt doch noch nicht im Mindesten, dass das Gesetz innerhalb seines Anwendungsgebiets unexact sein müsste. Die Werthe der Siedetemperaturen, die sich ausserhalb des Anwendungsgebiets des Gesetzes aus diesem durch Berechnung ergeben, sind fictive Werthe, die, wie in Cap. 5 Nr. 2 dargelegt worden ist, allemal entstehen, wo die analytische Tragweite eines Gesetzes weiter reicht als sein sachliches Geltungsgebiet.

Herr Waals giebt selbst zu, dass, soweit die zuverlässigen Beobachtungen reichen, sie meinem Gesetz nicht widersprechen. Aber grade weil es auf empirischen Daten beruht und nicht auf allerlei unwissenschaftlichen Hypothesen und phantastischen Speculationen nach Art der Stösschentheorie, ist es in seinen Augen werthlos, da er, angeblich von rein theoretischen Gesichtspunkten

ausgehend, eine weit bessere Formulirung gefunden haben will. Wie nichtig der letztere Anspruch des holländischen Professors ist, werden wir jetzt nachweisen. Er hat nämlich zuvörderst an Stelle des nur annähernd gültigen Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes die Formel $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R\,(1 + \alpha t)$ aufgestellt, in der p den Druck, v das Volumen, t die Temperatur irgend eines Gases, a, b und R diesem Gase eigenthümliche Constanten und $\alpha = 0{,}00365$ den Ausdehnungs- oder Spannungscoefficienten der Gase bezeichnen. Diese Formel soll nach ihm die wahre Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur (die sogenannte Zustandsgleichung) für alle Gase, wenigstens bei nicht allzu kleinen Volumengrössen, ausdrücken. Um von der sachlichen Unrichtigkeit dieser angeblich theoretischen Formulirung gar nicht zu reden, so sei blos bemerkt, dass die Art und Weise, wie Herr Waals die Regnaultschen Beobachtungen zur Prüfung derselben heranzieht, ein Zeugniss für seine Unsicherheit und Ungenauigkeit in der Handhabung des Calcüls ist. Regnault fasste seine Beobachtungen über die Abweichung der Gase vom Mariotteschen Gesetze in der Nähe von 0^0, indem er den Druck eines Meters Quecksilber zur Einheit des Druckes und das zugehörige Volumen zur Einheit des Volumens nahm, in der empirischen Formel $pv = 1 - A\left(\frac{1}{v} - 1\right) + B\left(\frac{1}{v} - 1\right)^2$ $= 1 + A + B - \frac{A + 2B}{v} + \frac{B}{v^2}$ zusammen. Durch Umformung der Waalsschen Formel und Nullsetzung von t erhält man den entsprechenden Ausdruck $pv = 1 + a - b - ab - \frac{a}{v}$ $+ bp + \frac{ab}{v^2}$. Nun begeht Herr Waals den Fehler einer unzulässigen Annäherungsmethode, indem er für bp $\frac{b}{v}$ substituirt. Indem er alsdann den Regnaultschen und seinen Ausdruck für pv gleichsetzt, erhält er die Gleichung $1 + a - b - ab - \frac{a - b}{v} + \frac{ab}{v^2} = 1 + A + B - \frac{A + 2B}{v} + \frac{B}{v^2}$, die analytisch in die drei Theilgleichungen $1 + a - b - ab = 1 + A + B$; $a - b = A + 2B$; $ab = B$ zerfällt, aus denen sich $a = \frac{1}{2}(A + 2B) + \sqrt{\frac{1}{4}(A + 2B)^2 + B}$ und $b = -$

$\frac{1}{2}(A+2B)+\sqrt{\frac{1}{4}(A+2B)^2+B}$ ergeben würde. Wollte man das Waalssche Verfahren corrigiren, so müsste man seiner Formel die Gestalt $pv = R\left(1-\frac{a}{R}\frac{1}{v}+\frac{b}{R}p+\frac{ab}{R}\frac{1}{v^2}\right)$ und der Regnaultschen die Gestalt $pv = R\left(1-\frac{A+2B}{1+A+B}\frac{1}{v}+\frac{B}{1+A+B}\frac{1}{v^2}\right)$ geben, hierauf für bp nicht $\frac{b}{v}$, sondern, da sich aus der Waalsschen Gleichung $\left(p+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=R$ für p der Ausdruck $\frac{R}{v-b}-\frac{a}{v^2}=\frac{R}{v}+\frac{bR}{v^2\left(1-\frac{b}{v}\right)}-\frac{a}{v^2}$ ergiebt, $bR\frac{1}{v}+b^2R\frac{1}{v^2\left(1-\frac{b}{v}\right)}-\frac{ab}{v^2}$ substituiren und die hinter R stehenden eingeklammerten Ausdrücke in Gleichung stellen, wodurch alsdann die zwei Theilgleichungen

$$\frac{a}{R}-b=\frac{A+2B}{1+A+B};\quad \frac{b^2}{1-\frac{b}{v}}=\frac{B}{1+A+B}$$

entstehen. Bei der Auflösung dieser letzteren kann man allerdings eine Annäherungsmethode anwenden, indem man mit Rücksicht auf die Kleinheit von b gegen v sogleich an die Stelle von $\frac{b^2}{1-\frac{b}{v}}$ einfach b^2 setzen kann. Alsdann liefert die Entwicklung von a und b die Ausdrücke $b=\sqrt{\frac{B}{1+A+B}}$ und $a=\frac{A+B+b(1-B)}{1-b(1-B)}$. Da nun nach Regnault hei Luft $A=0{,}001105$ und $B=0{,}00001938$, so ergiebt sich $a=0{,}00551$ und $b=0{,}0044$, während nach Herrn Waals uncorrecter Rechnungsart $a=0{,}00501$ und $b=0{,}00387$ sein müsste. Allerdings hat er selber die weiteren Consequenzen seiner fehlerhaften Methode unwillkürlich dadurch vermieden, dass er von der Gleichung für b gar keinen Gebrauch machte und andere Beobachtungsthatsachen zur Berechnung seiner Constanten heranzog; erst die ohne Kritik an den Waalsschen Sachen Herumklauben-

den haben den sich aus seiner Uncorrectheit ergebenden falschen Folgerungen nicht ausweichen können. So hat z. B. der Physikprofessor Herr Wüllner in der neuen Auflage seines Lehrbuchs nicht nur die Waalsschen Constanten aus denen der Regnaultschen Interpolationsformel nach Herrn Waals fehlerhafter Manier berechnet, sondern dabei auch noch eine neue Fehlerhaftigkeit hinzugefügt, indem er bei Berechnung der Constanten für Kohlensäure die mit der Waalsschen Formel nicht verträgliche Negativität der Regnaultschen Grösse B übersah und mit der letzteren so verfuhr, als wenn sie positiv wäre. Die Waalssche Formel mit den aus Regnaults Beobachtungen falsch berechneten Constanten soll nun zu den Experimenten Amagats gut passen, — dies ist der komische Beweis für ihre Vortrefflichkeit, den Herr Wüllner in seinem Lehrbuch giebt.

Aus dem die Gasgesetze vertretensollenden Formelschema, welches Herr Waals schon fünf Jahre vor der Veröffentlichung meiner Entdeckung fertig hatte, leitet er zwei Jahre nach der letzteren, indem er die Anwendung seiner ursprünglich nur für nicht allzu stark verdichtete Gase und für Flüssigkeiten in der Nähe der kritischen Temperatur exact gehaltenen Gleichungen auf einmal für das ganze Gebiet des flüssigen Zustandes zulässig erklärt, den Satz ab, dass der Quotient $\frac{p}{p_1}$ des Druckes p jedes gesättigten Dampfes in den kritischen Druck p_1 des betreffenden Stoffes und der Quotient $\frac{T}{T_1}$ der diesen beiden Drucken entsprechenden absoluten Temperaturen in einer solchen Beziehung zueinander stehen, dass demselben Werthe ε eines der beiden Quotienten immer, d. h. bei jeder Stoffspecies, derselbe Werth m des andern entspricht. Herr Waals will übrigens eine gleichartige Beziehung für verschiedene Stoffe schon lange für wahrscheinlich gehalten haben. Damit verräth er aber selber, dass er nicht durch seine „Zustandsgleichung“ zu seinem „Gesetz“ correspondirender Druck- und Temperaturzustände geführt, sondern durch Veröffentlichung meines Siedegesetzes veranlasst worden ist, eine analoge Formulirung zu erkünsteln, worauf er nachträglich die theoretische sogenannte Ableitung dazu willkürlich und mühsam auf das gewünschte Surrogat meiner Entdeckung erst hat abdrechseln müssen. Jenes unterscheidet sich von dieser nur dadurch, dass ich bei der Vergleichung der Siede-

temperaturen verschiedener Substanzen von gleichen Dr ucken, Herr Waals dagegen von gleichen „reducirten“, d. h. in demselben Verhältniss zum kritischen Druck stehenden Drucken ausgeht.

Was aber die Gültigkeit seines vermeintlichen Siedegesetzes anbetrifft, so hat Herr Waals zur Bestätigung desselben nur solche Thatsachen mitgetheilt, die für dessen Richtigkeit sprechen; die andern hat er, wie es scheint, übersehen. Ich werde nun durch die folgenden zwei Tabellen zeigen, dass das Waalssche „Gesetz“ in den meisten Fällen nicht zutrifft. Die erste Tabelle enthält die kritischen Temperaturen T_1 von ein Dutzend Flüssigkeiten, diejenigen Temperaturen T, die sich zu T_1 wie 0,59 zu 1 verhalten, die zugehörigen Drucke p, die kritischen Drucke p_1 und die Verhältnisse der beiden letzteren. Die zweite Tabelle enthält die Werthe von ein Zehntel des kritischen Drucks und die zugehörigen, einerseits nach der Waalsschen Formulirung berechneten, andererseits beobachteten Temperaturen für dieselben Stoffe. Die in der Tabelle aufgeführten und den Berechnungen zu Grunde gelegten Grössen der kritischen Drucke sind die auch von Herrn Waals bei seinen Aufstellungen gebrauchten Daten; die sonstigen Druck- und Temperaturgrössen sind nach Regnaults (bei Kohlensäure und Stickoxydul nach R. Pictets) Beobachtungen bestimmt worden.

Tabelle I.

Substanz	T_1	T	p	p_1	$\varepsilon = \frac{p}{p_1}$
Aceton	232,8°	25,2°	0,228 m	39,672 m	0,0058
Aether	190	0	0,182	28,044	0,0065
Aethylchlorid	182,6	— 4,4	0,388	39,976	0,0097
Alkohol	234,3	26,1	0,063	47,196	0,0013
Benzol	280,6	53,4	0,308	37,620	0,0082
Chlorkohlenstoff	277,9	52	0,335	44,156	0,0080
Chloroform	260	41,3	0,372	41,724	0,0089
Kohlensäure	30,9	— 93,7	0,317	55,480	0,0057
Methylalkohol	232,8	25,2	0,117	55,366	0,0021
Schwefelkohlenstoff . .	271,8	48,3	0,815	56,772	0,0144
Schweflige Säure . . .	155,4	— 20,4	0,470	59,964	0,0078
Stickoxydul	36,4	— 90,5	0,811	55,480	0,0146

Tabelle II.

Substanz	$p = \frac{p_1}{10}$	Beobachtete Siedetemperatur	Berechnete Siedetemperatur
Aceton	3,9672 m	114°	109°
Aether	2,8044	77	77
Aethylchlorid	3,9976	66	72
Alkohol	4,7196	133	111
Benzol	3,7620	143	145
Chlorkohlenstoff	4,4156	148	143
Chloroform	4,1724	123	130
Kohlensäure	5,5480	— 47	— 43
Methylalkohol	5,5366	129	109
Schwefelkohlenstoff . .	5,6772	125	139
Schweflige Säure . . .	5,9964	47	51
Stickoxydul	5,5480	— 50	— 39

Die vorstehenden Tabellen lassen zur Genüge entnehmen, dass, auch die von Herrn Waals zur Bestätigung seines Gesetzes zugezogenen vier Substanzen (Aether, Aethylchlorid, Kohlensäure, Schweflige Säure) nicht ausgenommen, eine meist bedeutende Kluft zwischen dem vorgeblichen Gesetz und den Erfahrungsthatsachen besteht. Mag nun Herr Waals auf derartige Abweichungen Gewicht legen oder sie von seinem vermeintlich höheren theoretischen Standpunkt aus für unerheblich erklären, wie er dies in Bezug auf die oben erwähnte, von ihm als Zustandsgleichung der Gase ausgegebene Formel gethan hat, — so ist doch klar, dass seine Gesetzesformulirung praktisch werthlos ist, da sie, wie gezeigt, zur richtigen Berechnung der Siedetemperaturen für gegebene Drucke, oder der Dampfspannungen für gegebene Temperaturen, namentlich bei niedrigen Drucken oder Temperaturen, nicht gebraucht werden kann. Sie kann demgemäss auch nicht dazu dienen, niedere, mittelst der Alkohol- oder Gasthermometer nicht mehr messbare Temperaturen durch die Dampfspannungen zu bestimmen. Alles dieses leistet aber mein Gesetz, dessen Hauptfehler nach Herrn Waals Auffassung darin besteht, dass es jenseit des kritischen Punktes, wo von gesättigtem Dampfe, Siededruck und Siedetemperatur nicht mehr die Rede sein kann, keinen Sinn mehr habe, obwohl es gültig

sei, soweit die zuverlässigen Beobachtungen reichen. Ein derartiges komisches Gesammturtheil des Herrn Waals über mein Siedegesetz ist aber der Kern seiner Auslassungen gegen dasselbe. Das Komische dieses absprechenden Urtheils wird aber noch durch den bereits angedeuteten Umstand gesteigert, dass Herrn Waals vermeintliches Gesetz lediglich eine entstellte Copie des von ihm verurtheilten ist. Die nähere Hervorhebung dieses Sachverhalts bleibt jedoch der sechsten Nummer des elften Capitels vorbehalten, in welchem Capitel überdies der Gesammtzusammenhang und die Vorführung der ganzen literarischen Situation erst das volle Licht über die Vorgänge verbreiten werden.

3. Seitdem Herr Waals die Gas- und Dampfgesetze zum Gegenstand seiner zwar gelehrten, aber an wahren Ergebnissen leeren Untersuchungen gemacht hat, ist der preussische Professor Clausius in die Fusstapfen des holländischen getreten und diesem auf jedem Schritte gefolgt. Ehe letzterer die Abhandlung herausgab, in der er sich mit den Beziehungen zwischen Druck und Siedetemperatur in der oben genügend charakterisirten Weise befasste, aber bereits mehr als ein halbes Dutzend Jahre nach der vermeintlichen Verbesserung des Mariotteschen Gesetzes durch die oben gekennzeichnete Formel, trat Herr Clausius (Wiedemanns Annalen Bd. IX) mit einer vorgeblichen Vervollkommnung dieser Formel hervor. Er wolle, sagte er, das, was an den früher aufgestellten Formeln (womit er eigentlich nur die Waalssche meinte) theoretisch wahr sei, beibehalten und sie durch eine kleine Modification den Beobachtungsthatsachen mehr anpassen. Dies that er durch Hinzufügung einer weiteren Constante β; da aber eine derartig modificirte Formel noch nicht complicirt genug war, um sich mit den Beobachtungen vollständig decken zu lassen, so sah er sich später genöthigt, noch mehr Constanten hinzuzufügen. Es ist nämlich bekannt, dass sich jede functionelle Beziehung, die nur aus Beobachtungen festgestellt wird, durch eine mehr oder weniger zusammengesetzte empirische Formel ausdrücken lässt; ist überdies eine wirklich oder vermeintlich rationelle Formel, die jene Functionsbeziehung mit einiger Annäherung repräsentirt, bereits vorhanden, so kann man sie an der Hand der Experimente derartig ausflicken, dass das Flickwerk zu den Thatsachen so gut passt, wie man wünscht, wenn man nur die äusserste Complicirung und die Menge specifischer Constanten (deren Zahl Clausius zuerst auf 4, dann auf 6 steigerte, während Regnaults empirische Formeln mit 3 auskommen und Waals ungenaue For-

mel auch nur 3 enthält) — nicht scheut. Herr Clausius zeigte ferner seine Unzulänglichkeit zu irgend einer selbständigen, sei es richtigen, sei es falschen Aufstellung auch dadurch, dass er aus der modificirten Formel keine weiteren Folgerungen zu ziehen vermochte, als die ihm von Herrn Waals bereits vorgezeichnet waren, wie z. B. die Berechnung der sogenannten kritischen Punkte. Als nun einige Monate nach der ersten Clausiusschen Verlautbarung Herr Waals aus seiner „Zustandsgleichung“ sein in der vorigen Nummer als verschlechterte Nachahmung des meinigen gekennzeichnetes Gesetz correspondirender Flüssigkeitszustände ableitete und zeigte, dass man dasselbe auch aus der Clausiusschen Modification jener Formel gewinnen könne, indem dazu nichts weiter erforderlich sei als ein Satz aus der mechanischen Wärmetheorie (bekanntlich Herrn Clausius eigenster Domäne) und einige mathematisch-technische Operationen, — was that da unser deutscher Professor, der an dem holländischen seinen Meister gefunden zu haben schien? Auf das aus dessen Werkstätte hervorgegangene, sich auf dem Boden der empirischen Thatsachen aber nicht bewährende, weil nicht grade solid gearbeitete Fabrikat setzte er — zwei neue Flicken. Er fügte nämlich zu den drei in der ursprünglichen Waalsschen Fassung enthaltenen specifischen Gasconstanten und der einen, welche er erst einige Monate vor Herrn Waals neuer Production aufgesetzt hatte, noch zwei andere hinzu, indem er zugleich die Form jener Zustandsgleichung complicirter machte. Hieraus leitete er sodann auf dem ihm von Herrn Waals und einem Mitarbeiter der Annalen (Herrn Planck) gebahnten Wege, unter viel Formelkram, seinerseits auch eine Art Gleichung für die Beziehung zwischen Druck und Siedetemperatur ab, deren Richtigkeit oder Unrichtigkeit empirisch schwerlich geprüft werden kann, da sie wegen ihrer Complicirtheit und der vielen darin vorkommenden Constanten den Beobachtungen stets anzupassen ist.

Wir wollen jedoch dem Leser nicht zumuthen, sich mit einer Schilderung der Kunststückchen, deren Ausführung die deutsche Gelahrtheit der holländischen abgeguckt hat, oder mit einer eingehenden Kritik jenes Formelgemülls, das doch nur zur Ausstaffirung des ursprünglich von Herrn Waals Producirten bestimmt ist, umständlich zu befassen. Wir lassen daher dies auf sich beruhen und gehen dafür auf das überaus preiswürdige Verhalten des Herrn Clausius in Beziehung auf Vorgängerschaft

näher ein. Unser Professor hat nämlich in seiner letzten Abhandlung eine historische Notiz über die seinen Aufstellungen vorangegangenen Versuche zu einem Siedegesetz liefern wollen und hat in der betreffenden Anmerkung (Annalen der Physik, 1881, Bd. XIV, S. 696) den Daltonschen ursprünglichen Ansatz zu einem Siedegesetz, sowie eine Kleinigkeit in derselben Richtung von einem holländischen Gelehrten, Herrn Groshans erwähnt. Aber mein damals schon seit mehr als drei Jahren veröffentlichtes Gesetz berührte er dabei mit keiner Silbe. Man erwäge, dass einerseits in einer solchen Nichterwähnung unter derartigen Umständen nichts Anderes als eine Verschweigung liegt und dass andererseits die verschwiegene Vorgängerschaft die Veranlassung zu der eignen verzerrten Reproduction des Verschweigers gewesen ist; denn, wie oben bemerkt wurde, ist zuerst Herrn Waals vermeintliches Siedegesetz als Nachahmung des meinigen zum Vorschein gekommen, worauf dann, wie hinter fast allen Waalsschen Geisteskindern, ein Clausiussches nachfolgte. Nach Alledem ist es sichtbar genug, welchen Charakter diese Verfahrungsart hat und was eine Ehrenunterdrückung gegen einen Andern, verbunden mit der Ehrenaneignung für sich selbst, bei richtiger Würdigung und Bezeichnung zu bedeuten habe.

Es würde viel Raum beanspruchen, wenn ich noch alle Angriffe untergeordneter und namenloser Persönlichkeiten auf mein Gesetz beleuchten wollte. Doch darf ich, ehe ich dem Leser die seit der ersten Veröffentlichung des Gesetzes neu aufgefundenen, praktisch und theoretisch erheblichen Consequenzen desselben vorführe, weder das Verhalten von Lehrbuchcompilatoren, noch einen Herrn Kahlbaum unerwähnt lassen, da deren Manier für die Art und Weise, wie man meine Entdeckung aus der Welt zu schaffen sucht, ausgeprägte Beispiele liefert und deswegen höchst charakteristisch ist. Unter einem Titel, der für den Verfasser kein geringeres Verdienst beansprucht, als Siedetemperatur und Druck in ihren Wechselbeziehungen erforscht zu haben, und mit einem noch anspruchsvolleren Verkaufspreise hat der Sohn eines Berliner chemischen Fabrikanten 1885 eine Schrift auf den Markt gebracht, die wohl auf Kunde gemeiner Laboratorienregeln, aber nicht auf eine wissenschaftliche Kenntniss der Physik oder Chemie schliessen lässt. Was Herr Kahlbaum zum Gegenstand seiner „Studien“ gemacht hat, sind gar nicht die normalen, sondern die infolge mangelnder Gelegenheit zur Blasenbildung mehr oder weniger

erhöhten Siedetemperaturen, welche keine bestimmte Lage und gar keine Bedeutung für die Theorie der Gase und Dämpfe haben. Wenn also Herr Kahlbaum aus seinen Experimenten die Folgerung zieht, dass seine sogenannten Kochpunkte in ihrer Abhängigkeit vom Druck meinem Siedegesetz nicht entsprechen und dieses daher unrichtig sein müsse, so hat diese übrigens nicht bewiesene Verkündigung gar keine Bedeutung. Seine Beobachtungen und die daraus gezogenen Consequenzen mögen richtig oder falsch sein, — sie gehen uns und jeden Physiker, der sich mit den Beziehungen zwischen Temperaturen und Maximalspannungen der Dämpfe befasst, nichts an.

Der schon in der vorigen Nummer hinsichtlich seiner Befassung mit der Waalsschen Zustandsgleichung gekennzeichnete Lehrbuchverfasser Herr Wüllner hat sich bewogen gefunden, in einer neuen Auflage seines Wärmebandes (1885) neben der Darlegung von Sächelchen der Winkelmann etc. auch meinem Siedegesetz eine abweisende Erwähnung zu Theil werden zu lassen. Dabei erklärt er es sofort für „ebenso wenig“ richtig wie das Daltonsche und spricht dem Gesetz damit sogar den Werth einer Annäherungsformel ab. Da nun aber keine Daten zur Verfügung stehen, mittelst deren es Jemand auf grade und ehrliche Weise widerlegen könnte, indem er nämlich nachwiese, dass zwischen den nach dem Gesetz berechneten und den beobachteten Temperatur- oder Spannungsgrössen Differenzen zum Vorschein kämen, die zu bedeutend wären, um als Beobachtungsfehler angesehen werden zu können, so sucht Herr Wüllner seine Leser dadurch zu überreden, dass er ihnen zeigt, wie die Quotienten der Differenzen correspondirender Temperaturen (die specifischen Factoren) sich nicht, wie das Gesetz verlangt, völlig unveränderlich verhalten. Eine derartige Widerlegungsmethode lässt es unklar werden, bei welcher Grösse Abweichungen zwischen Theorie und Experiment noch auf Fehler des letzteren zurückzuführen sind. Wenn man überdies, wie Herr Wüllner, die Temperatur 0^{0}, wo an sich kleine Fehler in der Bestimmung der Druckgrössen wegen der Kleinheit der letzteren relativ grosse zur Folge haben, zum Ausgangspunkt macht, so müssen vollends die sich aus den Beobachtungsfehlern ergebenden Abweichungen in den specifischen Factoren beträchtlich scheinen. Derartige Beobachtungsfehler sind aber namentlich, wie bereits Regnault hervorgehoben und worauf ich schon mehrmals hingewiesen habe,

bei Alkohol, Aether und Schwefelkohlenstoff anzunehmen; es ist daher um so unzulässiger, wenn von Gegnern meiner Entdeckung grade diese Stoffe als Gegeninstanz angeführt werden.

Die nach Herrn Wüllner bei Alkohol und Benzol stattfindende Veränderlichkeit des specifischen Factors erklärt sich zum Theil durch Veränderung des Aggregatzustandes, auf dessen Einfluss in dieser Beziehung wir in der letzten Nummer dieses Capitels näher eingehen werden. Berücksichtigt man alle diese Umstände, welche für den Unkundigen die Gültigkeit des Gesetzes Anfangs in Frage zu stellen scheinen, so fallen Ausstellungen von der Art der Wüllnerschen in Nichts zusammen. Selbst wenn ein Theil der von Herrn Wüllner hervorgehobenen Abweichungen Thatsache sein sollte, so würde dieser Umstand an der praktischen Bedeutung des Gesetzes nichts ändern. Denn die nach dem Gesetz berechneten Siedetemperaturen stimmen mit den wirklichen wesentlich überein, und wenn Herr Wüllner den Nachweis dieser Uebereinstimmung für keine Bestätigung des Gesetzes, sondern für eine die Abweichungen „nicht so deutlich“ hervortretenlassende Vergleichungsmethode ansehen will, so heisst dies, gelinde ausgedrückt, den graden Weg verschütten wollen, damit verschlungene Irr- und Wirrgänge als die einzig betretbaren erscheinen mögen.

Unser Siedegesetz bleibt also diesen wie allen sonstigen Anfechtungen zum Trotz, als empirisch wohlbegründete und rationell gefasste Beziehung von wenn nicht absoluter, so doch äusserst genauer Uebereinstimmung mit den Thatsachen, bestehen und zeichnet sich durch Einfachheit nicht minder als durch Fruchtbarkeit an praktischen und theoretischen Consequenzen aus. In letzterer Beziehung waren schon im dritten Capitel die Bestimmung der Verdampfungsgrenze und die Construction eines Apparates zur Messung der niedrigsten Temperaturen (Rhigometers) neben einigen Folgerungen physikochemischer Natur erwähnt worden; aber auch in diesem Capitel werden die nächsten Nummern von der Fruchtbarkeit und Tragweite des Gesetzes Zeugniss ablegen.

4. Wenn das Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen in die Clapeyronsche Formel für die Verdampfungswärme eingeführt wird, so ergiebt sich ein Gesetz der correspondirenden Verdampfungswärmen. Jene Formel, über deren Begründung

weiter unten im 9. Capitel gehandelt werden soll, hat bekanntlich die Gestalt

$$\lambda = \frac{1}{E} (V - v) (274 + t) \frac{dp}{dt},$$

wo λ die zur Verwandlung der Flüssigkeit in gesättigten Dampf erforderliche Wärmemenge, E das mechanische Aequivalent der Wärme (427 kgm pro Calorie), V das Volumen des gesättigten Dampfes, v das Volumen der Flüssigkeit, t die Temperatur, bei welcher die Verdampfung stattfindet und p die Spannung des gesättigten Dampfes bezeichnen. Nun ändern sich nach unserm Gesetz durch Temperaturerhöhungen, die den specifischen Factoren proportional sind, die Maximalspannungen der Dämpfe, wenn sie anfänglich gleich waren, um gleichviel bei den verschiedensten Stoffen, so dass also die Werthe von $\frac{dp}{dt}$ für correspondirende Temperaturen den specifischen Factoren q umgekehrt proportional sind. Setzt man demgemäss $\frac{\varphi\ (p)}{q}$ für $\frac{dp}{dt}$ in die Clapeyronsche Formel ein, indem man mit $\varphi\ (p)$ eine nur von der Spannung des gesättigten Dampfes, nicht aber von der specifischen Natur des betreffenden Stoffes abhängige Grösse bezeichnet, so erhält man zunächst die Gleichung $\lambda = \frac{1}{E} (V—v) (274 + t) \frac{\varphi\ (p)}{q}$.

In dieser Gestalt ist die Formel aber praktisch, d. h. zur Berechnung der Verdampfungswärme irgend einer Flüssigkeit, deren Siedepunkt und specifischer Factor gegeben sind, nicht brauchbarer als in ihrer ursprünglichen Fassung, da das Volumen V des gesättigten Dampfes in der Regel nicht festgestellt sein wird. Wir können aber für nicht allzu hohe Drucke dasselbe annähernd gleich $\frac{842{,}8\ (274 + t)}{M\ .\ p}$ setzen, da alsdann das Volumen gesättigter Dämpfe erfahrungsgemäss nicht viel von demjenigen verschieden ist, welches sich nach den Gesetzen Mariottes, Gay-Lussacs und Avogadros berechnen lässt und durch die angegebene Formel, in der M das Moleculargewicht bezeichnet, bestimmt wird. Setzt man diesen Werth für V in den Ausdruck für λ ein und vernachlässigt die gegen V unerheblich kleine Gröfse v, so ergiebt sich

$$\lambda = \frac{842{,}8\ (274 + t)^2\ \varphi\ (p)}{E\ M\ q\ p}.$$

Setzt man hierin

$$\frac{842{,}8}{E}\ \frac{\varphi\ (p)}{q} = l,$$

so ist l offenbar eine von der Natur des betreffenden Stoffes unabhängige Function von p und hat demgemäss für correspondirende Temperaturen bei allen Stoffen dieselbe Grösse. Man hat somit $\lambda = l\frac{(274 + t)^2}{M\ .\ q}$, d. h. die Verdampfungswärmen verschiedenartiger Flüssigkeiten sind bei gleichen Drucken den Quadraten der von —274° gezählten Temperaturen direct, den Moleculargewichten sowie den specifischen Factoren dagegen umgekehrt proportional.

Dieses Gesetz hat nun freilich nur annähernde Gültigkeit, weil das beobachtete Volumen des Dampfes von dem nach dem Mariotte-Gay-Lussac-Avogadroschen Gesetze berechneten stets abweicht. Wo aber diese Abweichungen, wie z. B. bei dem Essigsäuredampf, besonders erheblich sind, können sie auf theilweise oder gänzliche Verdoppelung der Molecüle zurückgeführt werden; man hat also nur einen entsprechend grösseren Werth für das Moleculargewicht zu Grunde zu legen. Andererseits compensiren sich diese Abweichungen wenigstens zum Theil, wenn man von einem Stoff zum andern übergeht, da alle Dämpfe in gleichem Sinne abweichen, indem die Minusabweichungen stets vorwiegen, solange ein Dampf überhaupt noch der Verflüssigung fähig ist. Es giebt überdies keine andere Methode, die Verdampfungswärme einer Flüssigkeit ohne directe Beobachtung auch nur annähernd zu bestimmen. Die Bedeutung unseres neuen Gesetzes ist also nicht mehr anzufechten, sobald wir gezeigt haben, dass die an einigen Stoffen unmittelbar bestimmten Verdampfungswärmen mit den berechneten hinreichend übereinstimmen. Zu diesem Zwecke gebe ich hier eine vergleichende Zusammenstellung der von Regnault ermittelten Verdampfungswärmen von acht Stoffen bei Drucken von 50 und 760 mm mit den nach dem neuen Gesetz hiefür berechneten. Bei dieser Berechnung habe ich die Verdampfungswärmen des Alkohols (240,5 bez. 214,4 Calorien) als Ausgangspunkte der Rechnung zu Grunde gelegt. Die Grösse l ist hienach für $p = 50$ mm aus der Gleichung

$$\frac{l\ (274 + 22{,}45)^2}{45{,}9\ .\ 0{,}904} = 240{,}5$$

zu entwickeln, da der Alkohol unter einem Drucke von 50 mm bei 22,45° siedet, sein Moleculargewicht 45,9 und sein specifischer Factor 0,904 ist; es ergiebt sich hieraus $l = 0{,}1136$. Für $p = 760$ mm erhält man aus der Gleichung

$$\frac{l\ (274 + 78{,}26)^2}{45{,}9\ .\ 0{,}904} = 214{,}4$$

den Werth von l zu 0,0717. Sind nun t und t' die Siedepunkte einer andern Flüssigkeit bei 50 bez. 760 mm Druck, so hat man nach Obigem für die entsprechenden Verdampfungswärmen λ und λ' die beiden Gleichungen

$$\lambda = 0{,}1136\ \frac{(274 + t)^2}{M\ .\ q};\quad \lambda' = 0{,}0717\ \frac{(274 + t')^2}{M\ .\ q},$$

nach denen die Zahlen der vierten und siebenten Columne der nachstehenden Tabelle berechnet worden sind.

Substanz	M	q	t	λ ber.	λ beob.	t'	λ' ber.	λ' beob.
Aceton	57,87	1,100	— 11,62°	122,8	142,2	56,30°	122,9	129,7
Aether	73,84	1,000	— 26,77	94,1	95,5	34,97	92,7	90,2
Aethyljodid	155,47	1,101	3,28	51,1	—	71,26	49,9	47,0
Benzol	77,82	1,125	10,80	105,2	107,5	80,36	102,8	94,3
Chlorkohlenstoff . .	153,45	1,090	9,18	54,5	51,5	76,50	52,6	46,5
Chloroform	119,08	1,100	— 7,77	61,4	67,7	60,16	61,1	61,1
Schwefelkohlenstoff	75,93	1,111	— 22,39	85,3	91,7	46,20	87,1	84,6
Wasser	17,96	1,000	38,26	616,9	579,7	100,00	558,3	536,5

Die vorstehende Tabelle zeigt, dass unser Verfahren wenigstens zu einer angenäherten Schätzung der Verdampfungswärmen geeignet ist. Die Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung liessen sich durch eine genauere Bestimmung der specifischen Factoren und namentlich durch Berücksichtigung der Abweichungen der gesättigten Dämpfe vom Mariotteschen Gesetz noch erheblich kleiner machen, wenn in dieser Beziehung gute Beobachtungen in hinreichender Anzahl vorhanden wären.

Um für die Anwendung unseres Gesetzes der correspondirenden Verdampfungswärmen ein Beispiel zu geben, lasse ich noch eine Tabelle folgen, die ausser den Moleculargewichten, den specifischen Factoren und den Siedetemperaturen bei Normaldruck auch die den letzteren entsprechenden Verdampfungswärmen von noch

zwölf Substanzen enthält, die, soviel mir bekannt, experimentell noch nicht festgestellt worden.

Tabelle der nach dem neuen Gesetz berechneten Verdampfungswärmen.

Substanz	M	q	t	λ
Ammoniak	17,01	0,750	— 32,59°	327,48
Caprinsäure	171,62	1,392	269,00	88,47
Isopropyljodid	169,44	1,185	89,86	47,27
Kohlensäure	87,78	0,522	— 78,20	59,96
Phosphor	123,84	1,927	290,00	95,55
Propyljodid	169,44	1,215	102,63	49,39
Quecksilber	199,80	2,000	357,25	71,48
Sauerstoff	31,92	0,340	— 173,20	67,11
Schwefel	191,88	2,292	448,40	85,06
Schweflige Säure	63,90	0,800	— 10,08	97,67
Stickoxydul	87,96	0,584	— 88,06	48,26
Terpentinöl	135,70	1,329	159,15	74,58

5. Die Einführung des specifischen Factors in die Clapeyronsche Formel hat aber auch theoretisch interessante Consequenzen; sie führt nämlich zur Erkenntniss der Abhängigkeit jenes Quotienten vom Aggregatzustande. Wenn ein fester Körper, z. B. Eis, in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht, so ist die bei diesem Vorgang verbrauchte Wärmemenge gleich der Summe aus seiner Schmelzwärme und der Verdampfungswärme für den flüssigen Zustand; denn es macht für die zur Verdampfung erforderliche Wärmemenge keinen Unterschied, ob ein Körper zuerst schmilzt und nachher zu Dampf wird, oder ob der Uebergang aus dem festen in den gasförmigen Zustand ohne die Vermittlung des flüssigen Zwischenzustandes erfolgt. Die Clapeyronsche Formel findet nun auch auf diese letztere Art von Zustandsänderung Anwendung, und der specifische Factor muss daher beim Gefrierpunkte einer Flüssigkeit nach demselben Verhältniss kleiner werden, in welchem die Verdampfungswärme durch das Festwerden der verdampfenden Substanz grösser wird. Ohne eine derartige Aenderung des specifischen Factors würde die Clapey-

ronsche Formel nicht mehr bestehen können, da die in ihr enthaltenen Grössen E, V, p, t und die Form der Function φ sich beim Gefrieren gar nicht ändern und v eine nur ganz unerhebliche Vergrösserung oder Verkleinerung erfährt, folglich die Aenderung von λ ausschliesslich auf die Aenderung von q zurückzuführen ist. Es ist z. B. die Verdampfungswärme des Wassers beim Eispunkt 606,5 Calorien, die Schmelzwärme des Eises 79,25 Calorien, seine Verdampfungswärme also 685,75 Calorien. Der specifische Factor des Eises verhält sich zu dem des Wassers demgemäss wie 606,5 : 686,75 oder wie 0,8817 : 1. Wenn man ihn auf Quecksilber oder auf Terpentinöl als Einheit bezöge, so würde er 0,4408 beziehungsweise 0,6635 betragen. Zu einer experimentellen Bestätigung dieser Berechnungen fehlt es bis jetzt an hinreichend genauen Daten. Zwar sind genaue Bestimmungen von Eisdampfspannungen in genügender Anzahl vorhanden; aber die correspondirenden Messungen bei Terpentinöl und Quecksilber sind so wenig zuverlässig, dass bei der Vergleichung mit den Eisbeobachtungen eben nur ein gewisses Kleinerwerden des specifischen Factors des Eises wahrzunehmen ist, ohne dass man eine exacte Berechnung des letzteren vorzunehmen im Stande wäre. Aus diesem Grunde ist hier auf eine Wiedergabe der mit unsern theoretischen Schlüssen in Beziehung stehenden Beobachtungsthatsachen zu verzichten, und es war nur darauf hinzuweisen, dass diese Thatsachen die übrigens selbstgenugsamen Folgerungen der Theorie wenigstens insofern bestätigen, als sich nichts diesen Widersprechendes daraus ergiebt.

Die in diesem und dem dritten Capitel vorgeführten Siedepunktsbeziehungen waren fast blos physikalischer Natur, insofern nämlich die Rücksichtnahme auf Moleculargewicht und chemische Zusammensetzung wohl dazu diente, die physikalischen Gesetze auf die verschiedensten Stoffe anzuwenden, aber noch keine speciell chemischen Folgerungen mitsichbrachte. Die Betrachtung der Siedetemperaturen kann und muss aber auch für die Chemie von Bedeutung sein, zumal wenn man nicht bei der Aufspürung von allerlei dunkeln empirischen Beziehungen zwischen Siedepunkt, Moleculargewicht, Molecularvolumen, Atomzahl u. s. w. stehen bleibt, wie dies schon seit länger als einem Menschenalter durch verschiedene Gelehrte, wie die Herren Kopp, Groshans, Carnelley u. s. w. geschehen ist, sondern die Beziehungen zur chemischen Zusammengesetztheit in ihrem innersten Wesen er-

forscht. Für die Höhe des Siedepunktes oder, was dasselbe heisst, für den Grad der Flüchtigkeit eines Stoffes ist der Zusammenhang zwischen seinen einzelnen Molecülen maassgebend. Je weniger die Molecüle eines festen oder flüssigen Körpers durch die innern Kräfte zusammengehalten werden, desto leichter wird er in den Gaszustand übergehen. Es liegt nun nahe, anzunehmen, dass bei einem lockeren Bau der Molecüle selbst, d. h. wenn die das Molecül bildenden einzelnen Atome nur lose zusammenhängen, auch das Band zwischen Molecül und Molecül keine grosse Festigkeit erhalten kann. Ersteres ist aber der Fall, wenn die chemischen Kräfte schwach sind, und Letzteres bringt, wie gesagt, eine grössere Flüchtigkeit mit sich. Die hiemit bereits angedeutete Beziehung der Siedetemperatur zur chemischen Affinität und die sich für die letztere hiedurch ergebenden Gesetze werden den Inhalt des nächsten, wesentlich chemischen Capitels ausmachen.

Siebentes Capitel.

Ausgangspunkte zu einer chemischen Statik. Chemisches Siedegesetz und Gesetz der Affinität der Werthigkeiten.

1. Die Siedetemperatur einer chemischen Verbindung liegt um so höher, je fester der Zusammenhang zwischen deren Atomen ist. Sie ist allerdings auch noch von der Natur der Elemente abhängig, aus denen die Verbindung zusammengesetzt ist, sowie von der Anzahl der Atome, welche in jedem Molecül enthalten sind. Da es nun aber isomere, d. h. solche Verbindungen giebt, deren Molecüle aus gleichviel Atomen derselben Elemente zusammengesetzt sind, so lässt sich der Zusammenhang zwischen der Siedetemperatur einer Verbindung und ihrer chemischen Festigkeit erforschen und so die eben ausgesprochene Regel nachweisen, ohne dass man durch die Modificationen, welche eine Verschiedenheit hinsichtlich der Zusammensetzung mitsichbringt, gestört wird.

Wir werden uns demgemäss an dieser Stelle mit den Siedetemperaturen und den Festigkeitsverhältnissen nur solcher chemischer Verbindungen befassen, die gleiche Zusammensetzung und gleiches Moleculargewicht haben, also nach dem chemischen Terminus miteinander isomer oder metamer sind. Auf derartige Weise zusammengehörende Verbindungen besitzen nun wegen der verschiedenen Anordnung der Atome im Molecül auch ungleiche Festigkeit, wie nicht nur aus ihrem allseitigen chemischen Verhalten, sondern weit einfacher und ebenso sicher auch schon aus der Verschiedenheit ihrer Verbrennungswärmen folgt. So liefert z. B. von den beiden Verbindungen, Essigsäure und Methyl-

formiat, deren gemeinschaftliche Zusammensetzung durch die Formel $C_2\ H_4\ O_2$ ausgedrückt wird, die erstere bei der Verbrennung eines Grammes von ihr in Sauerstoff 3505, die zweite unter denselben Umständen 4197 Grammcalorien freigewordener Wärme. Die bei der Verbrennung einer chemischen Verbindung entwickelte Wärmemenge ist aber nichts Anderes als die Summe der Verbrennungswärmen ihrer Bestandtheile, vermindert um diejenige Wärmemenge, welche zur Zerlegung der Verbindung in ihre Bestandtheile erforderlich ist. Da nun bei isomeren Verbindungen die Gesammtverbrennungswärmen ihrer Bestandtheile natürlich dieselben sein müssen, so kann die Ungleichheit der Verbrennungswärmen der Verbindungen nur durch die Ungleichheit der zu ihrer Zersetzung verbrauchten Wärmemengen verursacht sein. In dem als Beispiel vorgeführten Falle erfordert also das Methylformiat 692 Calorien weniger an Zersetzungswärme als die Essigsäure, weil es bei der Verbrennung 692 Calorien mehr entwickelt als diese. Die Essigsäure ist folglich der trennenden Kraft der Wärme gegenüber eine festere Verbindung als das Methylformiat. Da nun dieses schon bei einer Temperatur von 32^0, jene aber erst bei 119^0 siedet, so erweist sich hiemit die chemisch festere Verbindung auch als die höher siedende.

Wie mit Essigsäure und Methylformiat, so verhält es sich auch mit drei andern Paaren isomerer Flüssigkeiten, deren aus den Beobachtungen von Favre und Silbermann bekannte Verbrennungswärmen in der folgenden Tabelle mit ihren Siedetemperaturen zusammengestellt sind. Man wird daraus gewahr, dass dem höheren Siedepunkt immer die kleinere Menge Verbrennungswärme, also nach obiger Schlussfolgerung die grössere chemische Beständigkeit entspricht.

Name der Verbindung.	Chemische Formel	Verbrennungswärme	Siedetemperatur
Essigäther	$C_4\ H_8\ O_2$	6292,7	$74{,}3^0$
Buttersäure		5647	161,7
Methylbutyrat	$C_5\ H_{10}\ O_2$	6798,5	101
Valeriansäure		6439	174,5
Methylvalerat	$C_6\ H_{12}\ O_2$	7379	116,5
Aethylbutyrat		7095	121

Die mittelst der angeführten Beispiele, zu denen sich noch viele andere fügen liessen, soeben nachgewiesene Beziehung zwischen der Höhe der Siedetemperatur einer chemischen Verbindung und der Grösse des Widerstandes derselben gegen die Einwirkung trennender Kräfte ist nicht blos theoretisch von Wichtigkeit, weil sie auf einen wenigstens theilweise gemeinsamen Ursprung der sogenannten chemischen Kräfte zwischen den Atomen innerhalb der Molecüle und derjenigen Molecularkräfte hinweist, welche der Wärme (oder vielmehr dem durch sie hervorgebrachten Bestreben zur Ueberführung in den gasförmigen Aggregatzustand) entgegenwirken. Vielmehr hat sie auch die praktische Tragweite, bei der Vergleichung verschiedener isomerer Körper deren Siedetemperatur unmittelbar zum Maass ihrer chemischen Beständigkeit oder Unbeständigkeit machen zu können. Eine derartige ebenso einfache wie sichere Methode hat für die Erforschung der Gesetze der Abhängigkeit der Atomkräfte von der Constitution des Molecüls um so grösseren Werth, als es bisher äusserst schwierig geblieben ist, den Grad der Festigkeit einer Verbindung blos aus ihrem chemischen Verhalten zu ermitteln. Eine Verbindung scheint oft in einer Beziehung beständiger, in einer zweiten lockerer zu sein als andere; ferner ist eine allseitige Beobachtung des chemischen Verhaltens höchst umständlich und daher in vielen Fällen gar nicht ausgeführt worden. Die Siedetemperaturen für den Normaldruck sind dagegen bei fast allen bekannten chemischen Verbindungen, soweit dieselben überhaupt unzersetzt sieden können, experimentell festgestellt worden. Hieraus erhellt die Möglichkeit, zunächst in den verschiedenen Gruppen isomerer Verbindungen die letzteren nach der stufenweisen Abnahme ihrer chemischen Festigkeit zu ordnen und sodann durch Uebergang von einer Gruppe isomerer Verbindungen zur andern correspondirende Reihen nicht isomerer Verbindungen zu erhalten, welche die Eigenschaft besitzen werden, dass jedem Glied der einen Reihe in jeder andern ein isomeres entspricht; jede folgende Reihe besteht alsdann aus leichter zersetzlichen Körpern als die vorangehende, weil die Aufeinanderfolge der correspondirenden Reihen mit derjenigen der einzelnen Glieder in den jene Reihen gleichsam durchschneidenden Gruppen identisch ist. Diese und andere rein chemische Consequenzen unseres chemischen Siedegesetzes werden der Gegenstand der nächsten Nummer sein, in welcher überdies das Gesetz selbst sich noch anderweitig bestätigen wird.

2. Ein Atom eines Elements kann sich bekanntlich mit einer verschiedenen Anzahl von Atomen eines andern Elements verbinden. Beispielsweise bildet der Kohlenstoff zwei Verbindungen mit Sauerstoff, das Kohlenoxyd CO und die Kohlensäure CO_2. Die chemische Anziehung zwischen einem freien Kohlenstoffatom und einem Sauerstoffatom ist nun aber grösser als diejenige zwischen einem schon mit Sauerstoff verbundenen Kohlenatom und einem Sauerstoffatom; denn Kohle entzieht, wenn sie in der Hitze mit Kohlensäure zusammengebracht wird, letzterer die Hälfte des Sauerstoffs, indem sie sich damit zu Kohlenoxyd verbindet, und folglich ist die Verbindung zwischen Kohle und Sauerstoff erheblich fester als diejenige zwischen Kohlenoxyd und Sauerstoff. Grössere Festigkeit einer Verbindung ist aber die Folge grösserer Affinität der verbundenen Elemente; also besteht zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff mehr Affinität, wenn der erstere noch mit keinem Atom des letzteren verbunden ist.

Auf ähnliche Weise lässt sich nachweisen, dass, wenn Kohle sich mit Wasserstoff verbindet, das erste Wasserstoffatom am stärksten und das letzte am schwächsten angezogen wird. Hiezu können wir zwar ein Atom Kohlenstoff für sich allein nicht mit weniger oder mehr als vier Atomen Wasserstoff verbinden; wir können jedoch in den complicirteren Kohlenstoffverbindungen die Wasserstoffatome verlegen. Es giebt z. B. zwei bei gewöhnlicher Temperatur gasförmige Verbindungen, welche die Formel $C_4 H_{10}$ haben, das Butan und das Trimethylmethan; in dem Molecül des ersteren sind zwei von den Kohlenatomen mit je drei Wasserstoffatomen verbunden und die beiden andern mit je zwei; dagegen sind in dem Trimethylmethan drei Kohlenatome mit je drei Wasserstoffatomen und das vierte mit einem verbunden. Diese Verbindung würde also aus der ersteren entstehen, wenn von dem einen der beiden mit je zwei H verbundenen C ein H entfernt und auf das andere C zu den zwei bereits vorhandenen H als drittes übertragen würde. Ist nun jenes Gesetz für die Werthigkeitsaffinität, welches den Gegenstand unserer Untersuchungen bildet, richtig, so müsste bei jenem fingirten Vorgange eine festere Verbindung (zwischen CH und H) zersetzt werden, während eine losere (zwischen CH_2 und H) geschaffen würde. Die Atome des Trimethylmethans wären also im Ganzen weniger zusammenhängend als die Atome des Butans,

und dieses müsste nach den Ausführungen der vorigen Nummer auch eine höhere Siedetemperatur haben; dieser Schluss wird durch die empirische Thatsache bestätigt, dass das erstere Gas schwerer condensirbar als das letztere ist; die Siedetemperatur des flüssigen Butans ist — 2°, die des Trimethylmethans — 17°.

Diese beiden Stoffe bilden aber nur die Anfangsglieder zahlreicher Reihen von Kohlenwasserstoffen, welche die gemeinsame Eigenschaft haben, dass jedes ihrer Molecüle ausser einer gewissen Anzahl Kohlen- und doppelt soviel Wasserstoffatomen noch einen Ueberschuss von zwei Wasserstoffatomen enthält. Diese Verbindungen, deren allgemeine Zusammensetzung durch die Formel $C_n H_{2n+2}$ ausgedrückt wird, und die man, weil die kohlenstoffreicheren unter ihnen die verschiedenen Arten der schlechtweg als Paraffin bezeichneten Substanz bilden, unter dem Gattungsnamen der Paraffine zusammenzufassen pflegt, werden nämlich von den Chemikern nach der Vertheilung der darin befindlichen Wasserstoff- auf die Kohlenstoffatome in Reihen eingetheilt, deren einzelne Glieder wieder nach dem zunehmenden Moleculargewicht geordnet werden. Die erste Reihe enthält solche Verbindungen, in der zwei *C* mit je drei und die übrigen mit je zwei *H* verbunden sind. Zu diesen sogenannten n o r m a l e n Paraffinen gehört z. B. das Butan. Die zweite Reihe wird durch das Trimethylmethan und alle diejenigen Paraffine vertreten, in deren Molecül ein mit nur einem *H* verbundenes *C* vorkommt. Die dritte Reihe umfasst diejenigen Paraffine, bei welchen zwei *C* mit je einem *H*, vier *C* mit je drei *H* und die übrigen Kohlenstoffatome des Molecüls mit je zwei Wasserstoffatomen verbunden sind; sie stehen zu denen der zweiten Reihe offenbar in der nämlichen Beziehung, wie diese zu denen der ersten. Enthält das Molecül eines Paraffins mehr als vier Atome Kohlenstoff, so kann eines davon gar nicht mit Wasserstoff verbunden sein; bei sieben *C* kann eines mit keinem, ein anderes mit blos einem *H* verknüpft sein; sind acht *C* vorhanden, so können sogar zwei davon wasserstofffrei sein. Hiedurch ergeben sich die vierte, fünfte und sechste Reihe der Paraffine. Indem nun bei einer noch grösseren Menge Kohlenstoffatomen (deren Zahl thatsächlich weit über sechzehn pro Molecül hinausgehen kann) drei davon mit weniger als je zwei *H* verbunden sein dürfen, kommen noch vier weitere Reihen hinzu, und mit diesen zehn sind alle möglichen Combinationen in der Vertheilungsart noch

nicht abgeschlossen. Es genügt jedoch für unsern Zweck die Betrachtung der vier ersten Reihen. In jeder folgenden wird die Vertheilung der Wasserstoff- auf die Kohlenatome immer ungleichförmiger als in der vorhergehenden. Soll sich nun hiebei unser neues Gesetz bestätigen, so muss die Beständigkeit der einzelnen Verbindungen von Reihe zu Reihe abnehmen. In der That stellen sich der Darstellung der betreffenden Stoffe um so grössere Schwierigkeiten entgegen, je höher die Ordnungszahl der Reihe ist, welcher sie angehören. Je weniger Chancen aber eine chemische Verbindung hat, überhaupt zu entstehen, desto unbeständiger und lockerer fällt sie aus. Jedoch am unzweideutigsten tritt die von Reihe zu Reihe abnehmende chemische Festigkeit bei der Vergleichung der Siedepunkte hervor, wie folgende Tabelle zeigt:

Gemeinsame Formel	Siedetemperatur der isomeren Paraffine der Reihe			
	I.	II.	III.	IV.
$C_4 H_{10}$	— 2°	— 17°	—	—
$C_5 H_{12}$	38	30	—	9,5°
$C_6 H_{14}$	70	60 u. 62	58°	45
$C_7 H_{16}$	98,4	90 u. 96	—	86
$C_8 H_{18}$	125,5	—	108,5	—
$C_9 H_{20}$	148	—	132	—
$C_{10} H_{22}$	168	160	152	—

In der vorstehenden Tabelle sind da, wo mehrere zu derselben Reihe gehörende isomere Verbindungen bekannt sind, auch mehrere Siedepunkte angegeben. Die Tabelle zeigt nun, dass die Siedetemperaturen von Reihe zu Reihe, also mit der zunehmenden Ungleichförmigkeit in der Constitution der Verbindungen, ohne Ausnahme abnehmen. Die wachsende Ungleichförmigkeit bedeutet aber, wenn man die oben für Trimethylmethan und Butan ausgeführte Schlussfolgerung auch hier anwendet, indem man die nämliche Voraussetzung von der mit der fortschreitenden Bindung abnehmenden Affinität der Kohlenstoff- zu den Wasserstoffatomen zu Grunde legt, die abnehmende Stabilität der gebildeten Verbindungen; da nun diese Schlussfolgerung durch die Abnahme der Siedetemperaturen bewahrheitet wird,

so kann jene Voraussetzung, d. h. unser Gesetz, nicht unrichtig sein.

Ausser den soeben betrachteten Kohlenwasserstoffen giebt es noch eine grosse Zahl anderer Verbindungen (darunter solche, die noch andere Elemente enthalten), welche in ähnliche Reihen geordnet werden können. So stehen z. B. die von den Chemikern so genannten secundären Alkohole, Chloride u. s. w. zu den entsprechenden isomeren, sogenannten primären Verbindungen in derselben Beziehung wie das Trimethylmethan zum Butan, indem zwei in jedem ihrer Molecüle enthaltene Kohlenstoffatome das eine Mal (bei den primären Verbindungen) mit je zwei Wasserstoffatomen, das andere Mal (bei den secundären) eines mit einem und das zweite mit drei *H* verbunden sind. Wer nun die Siedetemperaturen der entsprechenden isomeren Verbindungen miteinander vergleicht, wird finden, dass die primären Verbindungen ausnahmslos schwerer flüchtig, also chemisch fester sind als die secundären. Auch würde er bei den in sehr grosser Zahl vorhandenen Derivaten der Paraffine, d. h. denjenigen Verbindungen, welche durch Substitution anderer Elemente an Stelle des Wasserstoffs aus jenen Kohlenwasserstoffen hervorgehen und daher ebensolche Reihen bilden, gleichfalls jene Beziehung zwischen Siedetemperatur und Ungleichförmigkeit der Constitution bemerken. In allen diesen Fällen wird man auch wahrnehmen, dass die Verbindungen mit ungleichförmigerer Anordnung der Atome im Molecül sich bei chemischen Processen schwerer bilden und schwieriger darzustellen sind; dieser Umstand deutet, wie schon bemerkt, eine entsprechende grössere Unbeständigkeit jener Verbindungen an. Hierin liegen nicht nur für unser Gesetz der Werthigkeitsaffinität, sondern auch, worauf bereits am Ende der vorigen Nummer hingewiesen wurde, für unser chemisches Siedegesetz weitere bestätigende Momente.

3. Wie für die Affinität zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff, so gilt unser Gesetz auch für diejenige zwischen Kohlenstoff und Chlor. Dies zeigt sich zunächst an zwei Verbindungen, deren gemeinsame Zusammensetzung die Formel $C_2 H_4 Cl_2$ bezeichnet, wogegen der Unterschied in ihrer specielleren Constitution durch die Formeln

$$\begin{array}{l} C H_2 Cl \\ | \\ C H_2 Cl \end{array} \qquad \text{und} \qquad \begin{array}{l} C H Cl_2 \\ | \\ C H_3 \end{array}$$

dargestellt zu werden pflegt. Der Strich zwischen den beiden C bedeutet, dass sie miteinander chemisch verbunden sind; die Annahme einer solchen Verbindung ist nothwendig, weil sonst das Molecül als aus zwei unzusammenhängenden Stücken bestehend angesehen werden müsste, da auf andere Weise eine geschlossene Verkettung mehrerer Kohlenatome mit Atomen einwerthiger Elemente nicht vollziehbar sein würde. Das chemische Bindungsvermögen der Atome einwerthiger Elemente wird nämlich durch die Vereinigung mit einem Kohlenstoffatom gleich vollständig verbraucht; sie werden durch jede Bindung, wie der chemische Terminus lautet, vollständig gesättigt und können folglich nicht durch anderweitige Verkettung das Molecül zu einem zusammenhängenden Ganzen machen. Es ist nun an den beiden Constitutionsformeln darzulegen, dass die durch die erste bezeichnete Verbindung, das bei 83,5° siedende Aethylenchlorid, aus zwei Gründen fester sein muss als das ihm isomere, der zweiten Formel entsprechende und schon bei 60° siedende Aethidenchlorid. Die letztere Verbindung steht nämlich zunächst in einer ähnlichen Beziehung zu der ersteren, wie das Trimethylmethan zum Butan, weil ein Wasserstoffatom auch hier in der ersteren Verbindung sich an einer festeren Stelle befindet, als in der letzteren; sodann ist in dieser ein Chloratom an das schon mit einem solchen verbundene Kohlenatom gekettet.

Zur weiteren Prüfung des Verhaltens zwischen Kohlenstoffatomen einerseits und Chlor- oder Wasserstoffatomen andererseits kann die Vergleichung folgender vier isomerer Verbindungen dienen:

CH_2Cl	CH_3	CH_3	CH_3
|	|	|	|
CH_2	$CHCl$	CH_2	CCl_2
|	|	|	|
CH_2Cl	CH_2Cl	$CHCl_2$	CH_3

Soll es sich nun bestätigen, dass ein Wasserstoff- oder Chloratom mit einem Kohlenstoffatom um so fester verknüpft ist, je weniger Atome derselben Art schon von diesem gebunden worden, so muss in der Reihenfolge der aufgeführten vier Stoffe jeder vorangehende fester sein als die folgenden. Die beobachtete Siedetemperatur ist nun für den ersten 117°, für den zweiten 97°, für den dritten 86° und für den vierten 70°. Der Reihenfolge der Flüchtigkeit entspricht nun, wie wir oben nach-

gewiesen haben, die Reihenfolge der Zersetzbarkeit. Durch Verallgemeinerung des nunmehr für die Kohlenstoffverbindungen allseitig bestätigten Gesetzes gelangen wir zu folgendem Satze:

Die Affinität zwischen zwei Atomen verschiedener Elemente ist um so geringer, je mehr Atome oder Werthigkeitseinheiten des einen Elements mit einem Atom des andern bereits verbunden sind.

Dieses Gesetz ist ausserhalb der organischen Chemie, d. h. der Chemie der Kohlenstoffverbindungen, vornehmlich in der Regel wiederzufinden, dass überall, wo ein Element sich mit verschiedenen Mengen anderer Elemente zu verbinden vermag, diejenigen Verbindungen, welche im Molecül auf ein Atom des einen Stoffes die kleinste Anzahl von Atomen anderer Elemente enthalten, meist auch die beständigsten sind. So ist z. B. das Stickoxyd NO beständiger als die Verbindungen N_2O und NO_2; die Verbindungen SO_2, PCl_3, BaO sind chemisch fester als SO_3, PCl_5, BaO_2. Im Uebrigen hat das Gesetz, gleich der Theorie der Atomverkettung, vorzugsweise für die organische Chemie, nämlich bei den complicirteren Kohlenstoffverbindungen, Interesse und Wichtigkeit. Indem es die zwischen den Atomen wirksamen Bindekräfte, von denen man bisher nur das Dasein constatirte, zum Gegenstande einer quantitativen Bestimmung macht, die sich zwar nicht als eigentliche Messung, aber doch als eine zur Vergleichung geeignete Schätzung kennzeichnet, stellt es einen wesentlichen Fortschritt und zugleich eine Ergänzung zur bisherigen Verkettungstheorie vor. Abgesehen von seiner Nützlichkeit in Anwendungen und Consequenzen giebt unser Gesetz der Affinität der Werthigkeiten aber auch den ersten Ausgangspunkt zu einer wahrhaft mechanischen Chemie und zwar zunächst zu einer chemischen Statik ab. Diese wird im Gegensatz zu dem, was bisher auf diese Bezeichnung Anspruch erhoben hat, weder in empirisch bodenlosen Speculationen, noch in einer wenig Werth habenden Zusammenstellung äusserlicher Thatsachen bestehen, deren mechanischer Charakter noch verborgen ist. Sie hat vielmehr den durch die Einsicht in die Constitution des Molecüls offengelegten Zusammenhang der einzelnen Atome, hinsichtlich dessen die Chemiker blos die Art der Anordnung untersuchen, zum Gegenstand einer Veranschlagung der betreffenden Kräfte zu machen.

Achtes Capitel.

Höhere physikomechanische Gesichtspunkte.

1. Seit 1842 datirt die moderne Epoche einer physikalischen Vertiefung der Mechanik und einer grundsätzlichen Hinausrückung des mechanischen Gesichtspunktes in die von ihm noch nicht erfassten Gebiete der Natur. Was über die Jahrhunderte alte Vorgeschichte dieser entscheidenden Wendung und über die Mängel ihrer bisherigeu Nachgeschichte in unserer ersten Folge und namentlich im ersten Capitel gesagt worden, wird hier vorausgesetzt. Ebenso ist zum vollen Verständniss des vorliegenden Capitels eine Vertrautheit mit dem nothwendig, was später in der im Schlussverzeichniss näher angegebenen Schrift über Robert Mayer zu der grossen Veränderung in der Mechanik kritisch auseinandergesetzt worden ist. Zunächst wird davon besonders Nr. 3 des zweiten Capitels in Bezug genommen. Eine theils allgemeinere, theils speciellere Unterlage bildet das, was sich bereits in dem allgemeinen Werk, welches die gesammten Principien der Mechanik behandelt, über die moderne Epoche positiv und kritisch, geschichtlich und systematisch vorfindet.

Wer annehmen wollte, die Fundamente der neuen Mechanik seien in jeder Beziehung unzweideutig und bestimmt, also in allen Bestandtheilen vollkommen fest gelegt, würde sich einem Irrthum hingeben. Dieser Irrthum wird freilich von den gelehrten Nachsetzlingen und Marodeurs der Mayerschen Wendung geflissentlich gepflegt; aber diese Vertretung durch schlechte Elemente passt auch zu seiner Natur. Wie sollten Diejenigen die Wahrheit von der Unwahrheit und dem Dunkel scheiden, die nur im Trüben und noch dazu im fremden Gewässer ver-

stohlenerweise gefischt und bei ihrem Fang auch das Fehlerhafte mitgefangen haben! Sie haben sich auf diese Weise auch selbst gefangen, wie aus dem Folgenden deutlich werden wird.

Steigt eine Masse mit einer gewissen Geschwindigkeit vom Erdboden gegen die Schwere auf, und hat sich die Geschwindigkeit bei dem Umkehrpunkt erschöpft, so soll in diesem Punkt nach Robert Mayer dem Körper eine sogenannte Fallkraft zugeschrieben werden, die der Aufsteigungsarbeit oder, was dasselbe heisst, der aufgebrauchten sogenannten lebendigen Kraft (nach altem Sprachgebrauch eigentlich ihrer Hälfte) gleich ist. Beide Grössen werden so angesehen, als hätte sich die eine in die andere verwandelt, und als bestände zwischen ihnen das Verhältniss einer Ursache, die sich in der Wirkung wiedererzeugt. Diese Vorstellungsart ist nun die von Mayer geschlagene Brücke, um in das, was man die Gleichung der Arbeit nennt, noch ein begriffliches Mittelglied hineinzudenken. Seine Fallkraft, die dem Körper in der fraglichen Lage zugeschrieben wird, soll im logischen Sinne als Substanz gelten, als etwas Verdinglichtes, durch welches ein Kraftvorrath repräsentirt wird.

Wir nun können in dem Zustand des Körpers nichts weiter sehen, als eine Fallgelegenheit, und wir halten Alles, was mehr dabei vorgestellt wird, für eine Erdichtung und eine Folge des Verwandlungsmysticismus. Die wahre Brücke zwischen den beiden Acten fehlt, da es eine eigentlich physische Theorie der Schwere bis jetzt nicht giebt, weil die bisherige nur mathematisch ist. Das Bedürfniss hat nun ein künstliches, aber nicht stichhaltiges Mittelglied erdenken lassen. Die Mayersche Fallkraft als etwas Substantielles ist ein Fehler; zuerst bei den Engländern hat nun dieser Fehler unter dem Namen der potentiellen Energie verstohlenen Eingang gefunden und sich als etwas angeblich Selbständiges über die Welt verbreitet. So ist der heutige scholastische Terminus potentielle Energie, der gleich dem allgemeinen Ausdruck Energie täglich mehr in Mode kommt, für den echten Kritiker und wahren Kenner eine fortwährende Mahnung an die Beschaffenheit und das Schicksal der Mayerschen Wendung. Diese war folgenreich für den Anfang zu einer mechanischen Gleichung der Wärme; hier hatte sie ihre grösste Leistung aufzuweisen. Diese Leistung ist aber nicht durch den ihr zugesellten Fehler zu Stande gekommen. Alle späteren Faseleien von einer Erhaltung der Kraft haben aber

von der stillschweigenden Aneignung dieses Fehlers gezehrt und sind auf diese Weise arg hineingerathen.

2. Der Umstand, dass jene Brücke zu schlagen versucht worden, schliesst immerhin ein Verdienst ein, wenn auch das Wie dabei mit etwas Fehlerhaftem und mit unbestimmten, ja mystischen Vorstellungen behaftet gewesen ist. Man kann aus Falschem Wahres schliessen, d. h. man kann den Gedanken durch eine theilweise unrichtige Vermittlung hindurchführen. Die richtigen Ergebnisse sind aber alsdann gemeiniglich auf Rechnung der wahren Bestandtheile des Raisonnements zu setzen und haben jedenfalls ihre Wurzel nicht in den begleitenden falschen Vorstellungen. So verhält es sich beispielsweise noch heute mit der widersinnigen Annahme eines Unendlichkleinen, bei welcher, wenn man näher zusieht, nicht aus der ungereimten Chimäre, sondern aus einem einfachen und natürlichen Sachverhalt, der aber bisher im Dunkeln geblieben, die richtigen Folgerungen zu ziehen sind. Analog hat sich die Mayersche Theorie zur Mayerschen Auffindung des Kraftmaasses der Wärme gestaltet. Sie beruht auf der Einschiebung einer Vorstellung, die theilweise, nämlich in ihrer Specialität, fehlgreift, während sie zu einem andern Theil, nämlich als Idee von einer allgemeinen Grössenconstanz, die im Bereich des Kräftespiels in Beziehung auf dieses und die Functionen der Kräfte statthat, etwas Zutreffendes repräsentirt.

Allem Anschein nach ist es die Uebernahme des Begriffs der Arbeit aus der technischen Mechanik in die theoretischen Vorstellungen gewesen, wodurch Robert Mayer, der überdies in der von der Religion stammenden Metaphysik noch stark befangen war, zu seiner Erdichtung veranlasst worden, dass der Abstand wägbarer Dinge eine Kraftform sei und dass diese Kraftform als Resultat der Umwandlung verbrauchter Massengeschwindigkeit angesehen werden müsse. Noch in dem Werke Lagranges kam das Wort Arbeit und überhaupt der Begriff der Praktiker nicht vor, obwohl die Sache, d. h. die entsprechende Function nicht fehlte, ja schon durch jedes Glied der Fundamentalgleichung der Mechanik in der differentiellen Form vertreten war. Der praktische Begriff der mechanischen Arbeit war schon im Zeitalter Galileis vorhanden; denn man wusste, dass ein Gewicht zehn Längen emporheben ebensoviel bedeutete, als zehn Gewichte eine Länge. Es fehlte also nicht an jener

praktisch empirischen Vorstellung, dass der erforderliche Mühaufwand im zusammengesetzten Verhältniss des Gewichts und des Weges stehe. Dies ist aber die Grundvorstellung im Leistungs- oder Arbeitsbegriff der praktischen Mechanik. Das Wegelement, d. h. einen kleinen Weg, für dessen gesteigerte Kleinsetzung in den Umständen keine Schranke gegeben ist, an Stelle des Gesammtweges einführen, wenn an den verschiedenen Stellen des Wegs, sei es nicht die nämliche Richtung, sei es nicht die nämliche Grösse des Kraftantriebes obwaltet, — das ist nur eine nebensächliche Variante.

Der Arbeitsbegriff existirte also praktisch schon solange, als man heraushatte, dass der Weg im zusammengesetzten Verhältniss mit der statischen Kraft die Leistung der letzteren und überhaupt eine Leistungsgrösse darstelle, die sich hienach durch das Product der beiden fraglichen Factoren messen lasse. Der Weg oder, mit andern Worten, der Abstand, um den etwas durch die Bethätigung einer Kraft, versteht sich gegen einen Widerstand (mindestens gegen die Trägheit), befördert wird, wurde auf diese Weise zum praktischen Merkmal der Arbeitsleistung. Mehr als an ein Merkmal zur Messung dachte man dabei nicht, wie es denn auch nicht im Wesen der Praxis und in den Gewohnheiten der Praktiker liegt, sich von selbst um Mehr zu bekümmern, als was sie für ihre Zwecke brauchen. Der Charakter der Aeusserlichkeit und der empirischen Regel hat daher dem technischen Arbeitsbegriff von vornherein beigewohnt und ist ihm auch bis jetzt vererbt geblieben. Kann man auch hier von keiner Bauernregel reden, so ist die Grundeigenschaft der Sache sogar nach der Uebernahme in die reine mechanische Theorie nicht wesentlich über dasjenige Auffassungsstadium hinausgelangt, welches man, so vornehm man sich auch auszudrücken wünschen möchte, doch nur als das einer Ingenieurregel bezeichnen kann.

Der blosse Merkmalscharakter, den der Weg durch jene Regel erhielt, hat dem Heilbronner Physiker als letzte Anknüpfung seiner übrigens schon fertigen Ideen von Formverwandlungen der Kraft dienen müssen, weil die eindringendere Vorstellungsart Galileis von der Erzeugung von Geschwindigkeiten theils nicht in gemeinem Umlauf war, theils nicht ohne Weiteres zureichte. Sie war nach Lagrange, der sie sogar betonte, aus den physikalischen Lehren (Lehrbüchern wie sonstigem

Unterricht) schliesslich meistens so gut wie verschwunden. Oberflächliche Künste hatten ihre Stelle eingenommen, und so kann man sich nicht wundern, dass die Geschwindigkeitserzeugung nicht als Grundschema aller Kraftbethätigung leitend blieb. Hiezu kam aber noch das Unzulängliche, dass im Galileischen Schema die Geschwindigkeiten zwar nicht aus Nichts, aber doch nur schlechtweg aus der Kraft entstehen, und dass diese blos formelle Rechenschaft keinen Anknüpfungspunkt bietet, um zu andern Bethätigungsformen desselben Etwas zurückzugehen. Der Begriff Kraft setzt ein relativ Letztes voraus, wie derjenige der Ursache kurzweg, von der er nur ein Specialfall ist. Um aber sozusagen rückwärts und vorwärts in der Wahrnehmung des Früheren oder Späteren an den Vorgängen nicht behindert zu sein und die Glieder der Kette unbeschränkt nach zwei Richtungen verfolgen zu können, darf man die formelle Kraftannahme Galileis nicht als etwas sachlich Letztes gelten lassen. Robert Mayer hat nun statt dessen in seiner Weise eine Art Kreisvorgang angenommen, indem er die Fallgelegenheit für einen bestimmten Abstand als eine Kraftform einschob, um zur lebendigen Kraft und zur Arbeit noch ein Drittes zu haben, welches ihnen beiden der Grösse nach gleich, der Form nach aber von ihnen verschieden wäre. Dieses Dritte existirt nun nicht. In der neumodischen Namenmaske der potentiellen Energie zeigt es sein Nichtwesen und Unwesen schon im Worte; denn potentiell heisst hier möglich oder der Anlage nach; es deutet auf eine Grösse, die noch nicht ist, sondern erst entstehen soll, verknüpft sich aber fälschlich mit der Vorstellung, dass eine Anlage zu dieser Grösse im Körper gleichsam wie ein Keim enthalten sei. Fort also mit dieser Dunkelheit, die sich aus dem verblichenen scholastischen Reich substantieller Formen und begrifflicher Erdichtungen ähnlichen Schlages nährt! Schwerlich wird sie bis ins 20. Jahrhundert bei den klarer denkenden Physikern forterben und auf dem Boden der Wirklichkeitsforschung eine verborgene metaphysische Fussschlinge gedeckt erhalten.

3. Nach der Hinweisung auf die Fehlbegriffe, die sich im 19. Jahrhundert wieder mit dem alten Gedanken der Krafterhaltung verknüpft haben, gehen wir jetzt zu einem andern Gegenstande über, der im Schweresystem die Beziehungen der kosmischen Massen und der thatsächlich zugehörigen Abstände

betrifft. Für blos zwei Körper erscheint ihr Abstand als etwas Beliebiges; sobald man aber drei in Frage bringt und ausserdem fordert, dass sie sich dauernd, wie Sonne, Planet und Trabant, regelmässig ohne sonderliche Störungen bewegen sollen, so ist wenigstens für das Verhältniss der Entfernungen eine gesetzliche Schranke gegeben, über die hinaus der Trabant nicht mehr würde Trabant bleiben können. Wir haben eine solche Schranke im ersten Capitel nachgewiesen und sie zunächst unter der fingirten Voraussetzung veranschaulicht, dass Erde und Sonne wie zwei feste Punkte, der Mond aber dazwischen als nach beiden Seiten hin verschiebbar betrachtet würde. Um nun jene Theorie vom Nullpunkt der Schwere auf die planetarische Wirklichkeit weiter anzuwenden, ist es nöthig, jene fingirte Festlegung mit dem mehr zusammengesetzten Vorgang der wirklichen speciellen Gravitationsbewegung zu vertauschen. Der Null- oder Indifferenzpunkt von Schwere, auf den es alsdann ankommt, bezieht sich auf die Mehranziehung, die der Mond in Vergleichung mit der Erde von der Sonne erfährt, und diesem Ueberdruck würde für einen Indifferenzpunkt der Druck oder, wenn man will, Zug in der Richtung auf die Erde als gleich entgegenstehen. Diese beiden Züge oder Drucke müssten sich also an dem fraglichen Punkt zu Null aufheben.

Um dies aus den wirklichen, in der Natur gegebenen Grössen ein wenig zu erläutern, sei daran erinnert, dass der Mond gegen die Erde derartig gravitirt, dass er bei freiem Fall in der ersten Minute rund 5 Meter zurücklegen, also eine Geschwindigkeit von 10 Metern erhalten würde. Es ist hier zweckmässiger, als Maass ausschliesslich an die Räume zu denken und die Geschwindigkeiten oder vielmehr Beschleunigungen bei Seite zu lassen. Hienach gravitirt nun die Erde gegen die Sonne mit 11 Meter Fallmöglichkeit in der ersten Minute. Der Mond aber hat in der vorausgesetzten Zwischenlage, in welcher er sich der Sonne um $^1/_{400}$ näher befindet, für die gleiche Zeiteinheit der Minute an erster Fallmöglichkeit gegen die Sonne ein Mehr von 6 Centimetern aufzuweisen. Diese verhältnissmässig kleine Grösse repräsentirt die eventuelle relative Entfernungstendenz des Mondes von der Erde gegen die Sonne. Man denke sich nun, der Mond befände sich, statt in der thatsächlichen Entfernung von der Erde, beispielsweise in einer vier- bis fünfmal

grösseren, so würde der Ueberschuss seiner Gravitation nach der Sonne hin über die Gravitation der Erde gegen die Sonne ungefähr in demselben Verhältniss gewachsen sein, also 24 bis 30 Centimeter betragen. Andererseits betrüge aber die Anziehung der Erde auf ihn nur $^1/_{16}$ und weniger bis $^1/_{25}$ der ursprünglichen, also zwischen 31 und 20 Centimeter. In diesem Spielraum, dem im Gravitiren des Mondes gegen die Sonne die ersterwähnten 24 bis 30 Centimeter gegenüberstehen, liegt also ein Gleichheits- oder Indifferenzpunkt. Nun ist es klar, dass, wenn man über diesen hinaus den Mond immer weiter verlegt, sichtlich, nämlich ohne dass man erst noch weitere mechanische Annäherungsrechnungen mit den drei Körpern nöthig hätte, die Gravitationsgestaltung eine solche werden muss, dass die Mondbewegung vorherrschend durch und um die Sonne bestimmt wird, von der Erde aber nur vorübergehende Störungen erfährt.

Die schon im ersten Capitel vollzogene Verallgemeinerung des hiemit veranschaulichten Satzes von der Gesetzmässigkeit der kosmischen Entfernungsverhältnisse lässt sich nun auch dahin aussprechen: Wo mehr als zwei Körper und ein dauerndes System gegenseitig untergeordneter Umkreisungen vorausgesetzt werden, sind die Verhältnisse der Abstände, d. h. der Radien, in Grenzen eingeschlossen, die sich aus den Massen berechnen oder wenigstens veranschlagen lassen. Will man den Kern der Sache noch allgemeiner ausgedrückt haben, so kann man kurz sagen: Die gegenseitigen Verhältnisse kosmischer Distanzen sind für eine beständige Systemform Functionen der Massen.

Dieses Princip eines Rückschlusses vom Massenverhältniss auf Entfernungsverhältnisse darf selbstverständlich nicht als sachliches Erzeugungsprincip angesehen werden. Es hat aber auch den Vortheil, von einer astrogonischen Hypothese unabhängig zu sein und die Dinge zu nehmen, wie sie sind. Ginge man dagegen auf ursprüngliche Entstehungen von Massenconcentrationen ein, so würden sich aus einem gemeinschaftlichen Grunde sowohl Massen- als Abstandsverhältnisse zu ergeben haben. Dieser Weg ist aber noch immer ein nebelhafter und das Wort Nebelhypothese sollte noch in einem andern Sinne verstanden werden, als gewöhnlich geschieht; denn diese Hypothese ist bis jetzt mit völlig unrationellen Unbestimmtheiten behaftet geblieben. Solange man einen Anfangszustand nicht mit mechanischer Be-

stimmtheit kennzeichnet, bleiben alle Ableitungen der Art unwissenschaftlicher und philosophastrischer Wind. Erst wenn man an Thatsachen, nämlich an aufeinanderfolgenden Zuständen von Nebelflecken, und zwar mit sicherer Rechnung und den nöthigen sozusagen hydrodynamischen Integrationen, die Schemata der nothwendigen Gestaltungen nachweisen kann, mag man sich gestatten, von einer ernsthaft zu nehmenden Astrogonie zu reden und sich auf die dabei herauskommenden Beziehungen zu berufen. Ehe aber so etwas nicht erfüllt wird, muss jeder andere Weg, absolute Massen und absolute Abstände in einige Beziehung zu bringen, den nur vage behandelbaren Hypothesen vorgezogen werden.

Neuntes Capitel.

Die neue Theorie wirklicher Gase gegenüber den Hohlheiten falscher Gasschematistik.

1. Es ist im zweiten Capitel die Verbesserung jener empirischen Gasdruckregel dargelegt worden, die man gemeiniglich das Mariottesche Gesetz nennt und die man sich in neuerer Zeit auch wohl das eitle Vergnügen gemacht hat, für den Engländer Boyle in Anspruch zu nehmen. Es lohnt herzlich wenig, über diese empirisch nahe liegende Regel, auf die irgend ein Jemand, sei es etwas früher oder später, bei praktischer Befassung mit den Gasen gestossen werden musste, zu Gunsten von Personen und Nationalitäten zu markten. Sie zu bemerken war kein hoch anzuschlagendes Verdienst. Eher könnte Einem bei dem Gange der Dinge mit ihr etwas vom Gegentheil einleuchten. Jene Regel ist nämlich nicht blos in gröbster Fassung auf die Welt gekommen, sondern auch solange in der unvollkommensten Fassung verblieben, dass man sich nicht blos über die experimentale Nachlässigkeit, sondern auch über die Gedankenlosigkeit wundern muss, mit der man sich in ihre Unvollkommenheit ergeben hat. Ja sogar, als im 19. Jahrhundert schliesslich ein ziemlich umfassendes Material in theils sehr genauen, theils hinreichend zuverlässigen Feststellungen des abweichenden Gasverhaltens vorlag, ist man dennoch zu keiner principiellen und durchgreifenden Formulirung eines allgemein entscheidenden Grundes und realen Factors der Abweichungen gelangt. Man hat sich einerseits mit willkürlich empirischen Formeln, wie mit den Regnaultschen, begnügt, und man hat andererseits da, wo man im Sinne des chaotischen Kinetismus mit den Schematen und Entwürfen von uncontrolirbarer Wüstheit spielte, es sich schon als wunderwas angerechnet, wenn

man die Mariottesche Regel, also etwas greifbar Falsches, a priori nach Bernoullischen Stösschen construirte. Man hat mit sogenannten idealen und vollkommenen Gasen sein hohles Wesen in die Breite und in die Länge getrieben und hat sich auf diese Weise immer wieder im Kreise eines fictiven Gebiets gedreht, in welchem die sogenannten Abweichungen, die allein noch interessant sein konnten, nicht in Frage kamen. Das hiess, sich das Spiel doch gar zu sehr erleichtern und unsägliche Mathematisterei, d. h. ein mathematisches Gebahren von der übel angebrachten und fruchtlosen Art, zum Besten geben oder vielmehr das Publicum damit zum Besten haben.

Als wir nun Angesichts der fraglichen Zustände mit dem neuen Grundgesetz des Zwischenvolumens hervortraten, war allgemein unter den tonangebenden Faiseurs der kinetelnden Modetheorie die angedeutete Bornirung auf blosse Gasschematistik üblich. Das Publicum wurde grade durch die umfangreichsten Machwerke, also in Deutschland namentlich durch die unsäglichen Abhandlungen und Ausspinnungen des Herrn Clausius, der wesentlich nichts als die Ansätze der Engländer ins Breite ausgetreten hatte, in der Meinung erhalten, es habe einen wissenschaftlichen Werth und sei noch obenein genug, wenn Einer für ideelle Gase unter Einschiebung möglichst vielen Formelkrams Dinge herausconstruire und angeblich ableite, die man ohnedies längst wusste.

Von einer Rücksicht auf die specielleren Thatsachen war natürlich keine Rede; das ganz Gemeine, die Mariottesche Regel, wurde mit dem Scheine einer kinetischen Ableitung nach dem Vorgange Daniel Bernoullis, der wohl zuerst mit einigem Nachdruck durch den Engländer Joule aufgefrischt worden, vermittelst langweilig ausgezogener Spielereien umhüllt. Der einzige Unterschied, der sich hiebei gegen das Bernoullische Muster entwickelte, bestand darin, dass die Molecüle nicht mehr in einer geometrisch (durch v_3^2) bestimmten Zahl bei der Wandfläche oder einem sonstigen Flächenschnitt sich befinden, sondern erst in einer von ihrem Stössespiel abhängigen Anzahl dahin gelangen sollten. Zunächst hatte man sich in dieser Beziehung in den greifbarsten Ungereimtheiten ergangen. So sollten, das war die erste schöne Vorstellung der Neubernoulliker, die Molecüle von einer Gefässwand zur andern fliegen. Allein diese mathematistische Kinderphantasie stiess bald auf den Einwand von Experimental-

physikern, die den sich breitmachenden Mathematisten gegenüber noch soviel Geruchssinn übrig behalten hatten, um zu bemerken, dass ein übler Duft nicht mit der entsprechenden Geschwindigkeit aus der einen Ecke eines Saales in die andere wandert. Der üble Duft der Kinese durfte also nicht mehr geschwinder als Schwefelwasserstoff sein wollen; indessen Geschwindigkeit ist keine Hexerei und lässt mit sich handeln.

Hatten sich die Kinetiker die Köpfe an der Experimentalphysik des gemeinsten Geruchssinnes gestossen, so brauchten sich die von ihnen mit allerlei Eigenschaften belehnten Molecüle auch nicht zu schämen, wenn sie durch Anrennen mit ihren, ich weiss nicht ob unbeschränkt oder beschränkt kleinen Köpfchen, zur Retirade, zu Compromissen und zum Opportunismus genöthigt wurden. So entstand der ihnen angewiesene bemessene Durchschnittsweg. Ein Molecül nämlich, welches sich die Freiheit nehmen wollte, seinem kinetischen Beruf gradeaus nachzugehen, bis es mit dem Kopf an die feste Wand stiesse, würde bald von Seinesgleichen, von seinen nächsten und nahen Nachbarn, kurzweg von seinen es schaarenweis umdrängenden Concurrenten belehrt werden, dass es nach einer Anzahl von Hin- und Herstossungen umzukehren und sich in Schranken zu halten hätte. Es wird also aller Wahrscheinlichkeit nach Raison annehmen und nur, wo ausnahmsweise sich eine Gelegenheit zum Durchschlüpfen bietet, weiter vordringen. Dafür aber, dass dies der Menge nicht gelinge, ist vermittelst der Wahrscheinlichkeitsvorsehung, durch welche die mittlere Bahnstrecke verfügt worden, hinreichend gesorgt. Die auf diese Weise hinterher besorgte Anpassung der chaotischen Kinetik an allzu handgreifliche Einwände kennzeichnet nun aber, um wieder in ungemischtem Ernst zu reden, den ganzen Geist oder vielmehr Ungeist der Sache oder, besser gesagt, des Sächelchens. Es ist ein gar übles Symptom, dass die neuere Form der Hypothese oder Theorie so wüst begonnen und gleich bei ihrem ersten Schritt selber hat sozusagen umknicken müssen.

2. Verbunden mit solchen Spielereien gab es für vereinzelte jüngere Adepten der Modetheorie noch eine andere, wenn auch nicht rationelle, so doch weniger schädliche Versuchung. Zwischen den grundsätzlich empirischen Anpassungsformeln, durch welche Regnault seine soliden Experimentalthatsachen interpolirte, auf der einen Seite und etwaigen wirklich rationellen, zu ernsthafter

Deduction brauchbaren Gesetzen auf der andern Seite giebt es noch ein Zwischenbereich und sozusagen eine Halbwelt der Demiraison von halb mit rationellem Anschein versetzten, halb aber durch empirisches Tasten leichthin aufgestellten mathematischen Formelcombinationen. Dahin gehört unter Anderm jene Zustandsgleichung des Herrn Waals, deren Unhaltbarkeit und fruchtloser Gebrauch bezüglich des Correspondenzgesetzes der Siedepunkte im sechsten Capitel vom jüngeren Verfasser dargelegt worden. Um aber hier die selbstverständlich eingeschlossene Unnützlichkeit der Waalsschen Combinationsformel und deren wesentlichen Unterschied vom Gesetz des Zwischenvolumens kurz hervorzuheben, so sei auf folgende zwei Umstände hingewiesen. Erstens zieht Herr Waals zwar auch etwas vom Volumen ab; es ist dies aber das vierfache Molecülvolumen und nicht, wie bei uns, das einfache. Zweitens verordnet Herr Waals selber im Namen der Kinese, dass seine Formel ihre Gültigkeit verliere, sobald das Gasvolumen weniger als das Achtfache des Molecülvolumens betrage. Er hat sich daher gehütet, die Anwendung auf sehr hohe Drucke (also etwa von 500 bis 3000 Atmosphären) auch nur zu versuchen. Unser Gesetz des Zwischenvolumens kennt nicht nur eine solche Grenze nicht, sondern bewährt sich, wie es sein muss, grade am unmittelbar sichtlichsten und handgreiflichsten bei den sehr hohen Drucken.

Uebrigens hat es, wie dies auch für jedes wahre Gesetz der Fall sein muss, den Vortheil der Einfachheit und Verständlichkeit sowie der leichten Anwendbarkeit für sich. Es ist ein Satz, der überall zutrifft, wo der von ihm vorausgesetzte Sachverhalt in der Natur vorhanden ist. Auch bedarf dieser neue Satz keiner Vermittlung besonderer Vorstellungen über den Grund, aus welchem zwischen den Molecülen eine Spannung besteht. Es ist genug, dass der Grund der Plusabweichungen von der Mariotteschen Regel im Zwischenraume und dessen Zusammendrückbarkeit zu suchen ist. Herr Waals hat mathematisch gleich darauflos gemischt und eine zusammengesetzte Formel aufgestellt, in welcher auch den Minusabweichungen durch Einführung des Volumenquadrats im Nenner eines zweiten Gliedes Rechnung getragen sein soll. Schade nur, dass die Thatsachen so unhöflich sind, sich in die Formel des holländischen Professors nicht zu fügen! Wie und wo er auch seine beiden Constanten bestimmen mag, die gut beobachteten Thatsachen bleiben immer rebel-

lisch und lehnen sich mit handgreiflichen Abweichungen gegen die ihnen zugedachte Formelconstitution auf. Auf der schwindelnden Höhe der Kinetik hält das freilich Herr Waals selber für unerheblich oder für unschuldig, und flüchtet sich überdies bezüglich der hohen Drucke oder überhaupt naher Nachbarschaften der Molecüle hinter jene seine Nebenverordnung, dass hier der Formelconstitutionalismus zu gelten aufhöre. Auch übersieht er meistens, wie z. B., wenn er seine Formel mit den Andrewsschen Beobachtungen über die Kohlensäure vergleicht, bedeutende Abweichungen, ja Contraste der Erfahrungsthatsachen, die sich zur Patronage seines Formelbastards durchaus nicht hergeben.

Doch genug davon! Die Verfahrungsart des Herrn Waals ist im sechsten Capitel bei einem wichtigeren Gegenstande hinreichend gezeichnet. Wenig Achtung vor feststehenden Thatsachen und überdies noch specifisch mathematische Fehler, das war die wissenschaftliche Signatur der Waalsschen Art und Weise, nicht zu reden von dem ebenso schwächlichen als ungerechten Versuch, dem erfahrungsgemäss gut begründeten Correspondenzgesetz gegenüber eine Contrefaçon von armseligem Surrogat als überlegene eigne Erfindung aufzuspielen und sich so die Ehre von Etwas ankinetisiren zu wollen, woran vorher von keinem der Herren Kinetisten und physikalischen Mathematisten gedacht worden war. Hievon wird im gehörigen Zusammenhange, d. h. im 11. Capitel, noch Weiteres beizubringen sein. In Rücksicht auf die Theorie kann aber, zumal das wissenschaftliche und sonstige Gehaben der Uebrigen sich noch übler ausnahm und tiefer stellte als das des holländischen Professors, die ganze Kinetelei mit ihren Specialitäten zur Seite bleiben. Ein besonderes Eingehen auf sie lohnt sich nicht. Im zweiten Capitel ist schon der erste, gleich fehlgeschlagene Versuch Daniel Bernoullis, ein Gasdruckgesetz abzuleiten, detaillirt geprüft worden. Es sei nur an das einfache Rechnungsbeispiel erinnert, welches zur Voraussetzung hatte, dass sich das Volumen auf ein Achtel reducire. Hier ergiebt sich nach dem Gesetz des Zwischenvolumens, unter der Voraussetzung, dass das Molecülvolumen ein Tausendtel des Ausgangsvolumens ist, $8\frac{7}{124}$ als Druckvervielfachung. Dem gegenüber käme nach der Bernoullischen Kinese ein auf das Neunfache gesteigerter Druck zu stehen. Unser eignes Ergebniss stimmt unter den zu-

gehörigen Voraussetzungen, also beispielsweise am Wasserstoff bei gewöhnlicher oder höherer Temperatur für ganze Reihen von Positionen, das der Bernoullischen Kinese entsprechende Resultat stimmt aber, auch wenn man ihm das Molecülvolumen als unbekannte und für blos zwei Positionen willkürlich bestimmbare Constante anpasst, für jede dritte Position nicht mehr.

Den immer abgeänderten Ausflüchten der neusten Kinese in ihre Schlupfwinkel nachzugehen, ihr also eine ähnliche Aufmerksamkeit zuzuwenden, als dem Bernoullischen Prototyp, wäre ebenso überflüssig als langweilig und weitschweifig. Mit welcher Münze sich die Mathematisten und Kinetiker bezahlen und wie bereitwillig sie sich selber quittiren, das ist in dieser Schrift an ein paar Beispielen, nämlich an dem formelempirisch tastenden Gebahren des Herrn Clausius und an den nicht viel minder ungediegenen Wendungen des Herrn Waals gezeigt worden. Gesetzt also den Fall, man hätte einmal wirklich den Grund der Gasspannung mechanisch näher gekennzeichnet, so würde die Bernoullische Kinese und deren Erbschaft es noch bei Weitem nicht zu sein brauchen, was den Kern einer ernsthaften motorischen Theorie ausmachte. Bedenkt man den Grad der Feinheit, zu welchem nach Huyghens Vorgang eine sozusagen motorische Theorie des Lichts und der damit inbegriffenen Strahlungen gelangt ist, so erstaunt man über die Grobfädigkeit der seit einem Menschenalter aufgekommenen Gaskinese. Was seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in dieser Richtung vorgebracht worden, hat sich Stück für Stück immer wieder abgewirthschaftet und wird wohl in seiner sauberen Ungestalt das 20. Jahrhundert nicht mehr sonderlich behelligen. Motorische Theorien überhaupt werden aller Wahrscheinlichkeit nach die künftige Scene beherrschen; aber sie werden, selbst wenn der Name bliebe, sachlich von anderem Schlage sein, als das falsche Spiel heute so genannter Kinese.

3. Falsche Schematistik der Gase auf der einen und wirkliche Theorie des Thatsächlichen auf der andern Seite, — das ist der Hauptgegensatz, in welchem das Manipuliren der Gegner zu unsern Arbeiten steht. Unter Schematistik verstehe ich das Aufstellen unechter und falscher Schemata sammt zugehöriger Behandlung, sowie auch das falsche Manipuliren an etwa richtigen oder halb richtigen Schematen. Die Schematistik ist also zu unterscheiden von einer soliden Schematik. Die letztere beruht

auf dem Entwurf rationell und richtig gewählter Schemata des abstracten Naturverhaltens und auf dem entsprechenden Gebrauch dieser Schemata, die nach mathematischen Nothwendigkeiten, mechanischen Gesetzen und erkannten allgemeinen physikalischen und physischen Zusammenhängen zu bearbeiten sind. Ohne eine solche Schematik giebt es keine rationelle Naturwissenschaft; denn was wir von der Natur wissen, sind entweder vollständige Thatsachen mit allen Einzelheiten und Verwicklungen, oder aber es sind ausgesonderte Grundzüge und Grundgestalten, in denen die Natur wirkt und aus denen sie ihre Actionen zusammensetzt. Schematistik ist nun nichts als Verkehrung der Schematik in das Unwahre und verhält sich zur guten Sache wie jedwede Istik, wie also beispielsweise die Sophistik zur wirklichen Weisheit.

Wenden wir diese allgemeine Vorstellung auf unsern besondern Gegenstand an, so wird es für die Bildung einer ratic-nellen Gastheorie allerdings nothwendig sein, Schemata der Gasconstitution und des Gasverhaltens in völlig durchschaubaren Zügen zu entwerfen. Was man dann an einem solchen Schema und für ein solches deducirt, das gilt für die Wirklichkeit nur insoweit, als diese dem Schema entspricht. So kann man sich ein streng punktuelles Gas, d. h. eine Gruppe ausdehnungsloser Punkte in grosser Anzahl als abstractes Gasschema denken und dann schliessen, dass für ein derartig aufgestelltes Gasschema das Mariottesche Gesetz in aller Strenge und ohne jede Abweichung gelten müsste; denn die wesentliche Voraussetzung darin wäre, dass die Punkte, zwischen denen die Wärme abstanderzeugend thätig ist, erstens keine räumliche Ausdehnung haben, d. h. genau den Raum Null einnehmen, und zweitens in keiner weiteren Beziehung, also namentlich in keinem Zusammenhange stehen, der sie einander zu nähern strebt. Der Wegfall der Molecüldimensionen und derjenige jeglicher Cohäsion oder Attraction sind also die beiden Hauptvoraussetzungen des rein vom Gedanken erzeugten Schema. Wer sieht nun nicht ein, dass man in Bezug auf ein solches Schema Allerlei so sicher schliessen kann, wie wenn es sich um reine Mathematik handelte, vorausgesetzt nur, dass man über jede Veränderung und jeden Vorgang, den man in dem Schema statuiren und in seine Consequenzen verfolgen will, zureichende axiomatische Voraussetzungen habe?

Gelüstet es also Jemanden, beispielsweise mit der Kinese ein sozusagen ernsthaftes Versuchsspielchen zu machen, so müsste er

den Punkten natürlich die Eigenschaft beilegen, einander im Falle der Begegnung zurückzuschnellen, wie wenn es sich um vollkommen elastische Dingelchen handelte. Es versteht sich, dass bei diesem Schema die Kinese übles Spiel haben würde, falls sie nicht etwa um die Punkte Wirkungssphären erdichtete und so das Schema ungehörig alterirte. Die Punkte mögen nämlich ihre gradlinigen Bewegungen in erdenklich noch so vielen Richtungen liegen haben, so sind doch so gut wie keine Chancen vorhanden, dass sie sich treffen. Ihre Gesammtausdehnung ist Null, und es steht daher dem ganzen Spielraume der möglichen und wahrscheinlichen Bewegungen ein Molecülraum Null gegenüber, der das Object und Ziel eines etwaigen Treffens sein würde. Der Chancen des Hindurchgehens zwischen den Punkten sind aber unbeschränkt viele, während die Punkte selber dagegen stets eine fest bestimmte geschlossene Anzahl bilden. Man wird also eine unbeschränkt grosse Wahrscheinlichkeit annehmen müssen, dass die Punkte bei ihren Bewegungen einander nicht treffen und zu den obligaten Stössen, die von wegen der Kinese nun einmal über sie verhängt sind, nur gelangen können, wenn sie an die Wand rennen. Die Beschränkung auf einen bestimmten Weg und die Nöthigung zur gemeiniglichen Umkehr innerhalb der Grenzen eines kleinen Spielraums bliebe ihnen also erspart, und das Mariottesche Gesetz könnte so schön aus dem zeitweiligen Andiewanddrücken abgeleitet werden, wie dies nur irgend in den Kinderjahren der Kinese neusten, d. h. nachbernoullischen Stils, an weniger feinen, ja gradezu plumpen Schematen und sogar öfter unter unmittelbarem Hinblick auf wirkliche Gase bewerkstelligt worden ist.

Doch lassen wir diesen Seitenblick und halten wir uns an die unmittelbare Vergleichung der zuerst abstrahirten und dann schematisch formulirten Gesetze mit der Erfahrung. Das Mariottesche Gesetz ist eine erste empirische Annäherungswahrnehmung. Es lässt sich aber auch als eine exacte Grenzbeziehung formuliren, welche für jenes punktuelle Gasschema bei Wegnahme aller Molecularcohärenz gelten würde. Dies ist allerdings eine Fiction, die als Wirklichkeit setzen eine Absurdität sein würde. Wohl aber ist sie eine quantitative Grenze, der die Gaszustände mit unbeschränkter Annäherung nahe kommen können, natürlich ohne sie je zu erreichen; denn Letzteres hiesse, in das Widersinnige übergehen. Ein äusserst oder, besser gesagt, ausserordentlich

verdünntes Gas stellt also jenen Zustand dar, für welchen das Mariottesche Gesetz auch äusserst oder ausserordentlich genau zutrifft. Ordentlicherweise trifft es aber nur grob oder an dem andern Extrem, namentlich unterhalb der kritischen Temperatur an dem zur Verflüssigung neigenden Extrem, so gut wie gar nicht zu. Nichtsdestoweniger liegt in ihm ein Element aller Zustände, welches ähnlich gilt, wie in seiner Art das Beharrungsgesetz, und welches nur durch überwiegende andere Factoren in der complicirten Gestalt der Thatsachen verdunkelt wird.

Ist das Mariottesche Gesetz eine erste Annäherung und genau nur für das allerabstracteste Gasschema gültig, so ist das Zwischenvolumgesetz eine zweite Annäherung und genau für ein minder abstractes, also reichhaltigeres Gasschema gültig, welches der Wirklichkeit um einen sehr wesentlichen Schritt nähersteht. Dieses Schema enthält körperliche Molecüle und sieht nur von etwaigen Anziehungskräften derselben ab. Letztere Voraussetzung lässt sich nun mit mehr oder minder, ja mit unbeschränkter Annäherung verwirklichen und zwar nicht blos, indem man Verdünnungen bewerkstelligt, sondern auch indem man am andern Extrem bei hinlänglich hohen Temperaturen durch grosse Verdichtungen hohe Drucke und zugehörig hohe Gegenspannungen erzielt, im Verhältniss zu denen der Cohäsionsdruck unerheblich klein wird. Auf diese Weise gilt das Gesetz mit bedeutender Annäherung grade für die beiden extremen Endzustände, nämlich die kleinen und die grossen Drucke, am greifbarsten, wobei natürlich auch ein gewisses relatives Extrem der Temperatur vorausgesetzt und hiemit die den Verflüssigungsbedingungen nahestehenden Zustände ausgeschlossen sind.

4. Eine dritte Annäherung und zugleich die Beherrschung eines anderweitigen Typus im Gasverhalten würde sich ergeben, sobald man auch für die Minusabweichungen vom Mariotteschen Gesetz ein ähnlich rationelles und entscheidendes Element auffände, wie es das Zwischenvolumen für die Plusabweichungen ist. Für diejenigen Abweichungen also, in denen Druck und Volumen schneller abnehmen, als im Hinblick auf die Mariottesche Grenzgrösse und deren schematische Consequenzen, also im sozusagen Mariotteschen Verlaufe correspondirender Drucke und Volumina der Fall sein würde, — kurz für die Mehrminderungen von Volumen und Druck ist die Frage noch so gut wie offen. Herrn Waals Nothglied (d. h. sein Nenner v^2), welches mit Hin-

deutungen auf die capillare Molecularattraction verbrämt und von Herrn Clausius noch mit analytisch tastenden Willkürlichkeiten verschnörkelt worden ist, hilft hier nichts; es stimmt zu allen wichtigen, durch die Erfahrung constatirten Verläufen der fraglichen Gastypen nicht. Kohlensäure und Stickoxydul geben erheblich stärkere Abweichungen, und sie sind grade wegen der darin repräsentirten Reinheit des Typus die nächsten Probefälle, an denen sich jeder Versuch einer Theorie der Minusabweichungen zu messen hätte. Uebrigens ist die Aufgabe verwickelter, als sie sich Herr Waals gedacht hat. Molecülverdoppelungen werden unumgänglich sein, wie dies schon im zweiten Capitel angedeutet worden und im nächsten Capitel augenscheinlich werden wird. Da aber, abgesehen hievon, bis jetzt keine Wendung aufgetaucht ist, die als rationell gelten könnte und daher auch einer genügenden mathematischen Ausgestaltung fähig geworden wäre, so bleibt Denen, die solide verfahren wollen, zunächst nur die Anlehnung an die unmittelbare Erfahrung, unter Abstraction von jeglichem Spielwerk selbst noch völlig problematischer Speculativdoctrinen. Obwohl wir nämlich im 10. Capitel ein Zustandsschema mit Molecülzahl entwerfen, durch welches das Avogadrosche Gesetz auf alle Aggregatzustände ausgedehnt wird, so werden wir uns doch hüten, die neue fruchtbare Gleichung dadurch zu verderben, dass wir voreilig in ihr den noch unbekannten Functionen des Volumens und der Temperatur eine Gestalt geben. Auch ohnedies, namentlich ohne etwas über die Art der Abhängigkeit der Cohäsion vom Volumen festzusetzen, lassen sich für die Wärmestatik der Körper überhaupt entscheidende Ergebnisse erzielen. Eine völlig genaue Bestimmung der Minusabweichungen der Gase bleibt aber nur um so mehr problematisch, da zur Lösung dieser Aufgabe nicht nur die Cohäsion, sondern auch die Molecülzahl als Function von Volumen und Temperatur gegeben sein müsste.

Sicherlich ist es doch bezeichnend, dass wir gelegentlich, wie besonders für eine genauere Annäherung jener Consequenz des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen, welche sich als Gesetz der correspondirenden Verdampfungswärmen gestaltet hat, die Gleichung des Mariotte-Gay-Lussac-Avogadroschen Gesetzes in ihrem einfachsten Schema gebraucht haben. Unsere eigne, über das einfache Schema hinausgehende Annäherung, die Gleichung des Zwischenvolumens, konnte hier die Lösung nicht verbessern, weil es sich hier nicht um Verhältnisse und

Zustände, wie diejenigen des bei gewöhnlicher oder höherer Temperatur betrachteten Wasserstoffs, sondern grade vorwiegend um die Minusabweichungen handelte. Bei dem Grenzgebiete der Verflüssigung gestaltet sich die Anwendung des blossen Mariotteschen Gesetzes thatsächlich und praktisch weniger abweichend, als wenn man noch die wirklichen Plusabweichungen in Rechnung zieht. Die Weglassung der letzteren ist sozusagen eine kleine Abschlagszahlung auf die Minusabweichungen, deren Berücksichtigung man schuldig bleibt. Nun würden wir sicherlich nicht Anstand genommen haben, uns von dieser Schuldigkeit zu befreien, wenn die Herren Waals und Nachgänger für die Zahlung der Minusabweichungen eine solide Valuta in Umlauf gebracht hätten. Ihre schon gekennzeichneten Zettel sind aber, wie überhaupt, so noch besonders in diesem Specialfall, kein Geld, welches bei wirklichen Kennern Geltung haben und von gewissenhaften Werthbeobachtern honorirt werden könnte.

Das Grenzgebiet zwischen Gas und Flüssigkeit ist besonders geeignet, praktische und nützliche Feststellungen von fruchtlos gebliebenen Speculationen zu unterscheiden. Es ist sehr leicht, von vornherein davon auszugehen, es gebe gemeinsam gültige Beziehungen für den Gas- und den Flüssigkeitszustand zwischen Druck, Volumen und Temperatur. Wir unsererseits setzen consequenterweise noch mehr voraus, nämlich dass alle Aggregatzustände unter eine, wenn auch sehr abstracte, aber darum doch nicht weniger, sondern nur um so exacter gültige Gesammtformel fallen müssen, die mehr als den kahlen Schematismus von $f\,(p,\ v,\ t) = 0$ wiedergiebt, mit dessen fast ergebnisslosen, analytisch automatischen Varianten man sich in der Thermomechanik bisher begnügt hat. Wir geben ein solches bestimmteres Schema, wie schon gesagt, im zehnten Capitel sogar als physikalisch-chemisches Fundament der Wärmestatik, und wir setzen auch überdies voraus, dass die darin noch unbestimmten Functionen des Volumens und der Temperatur sich auf andern Wegen noch werden bestimmen lassen. In letzterer Beziehung sind wir uns jedoch bewusst, dass Voraussetzen und Nachweisen, dass allgemeine Vorstellung und specielle Ausführung zwei Dinge sind, die voneinander eine Strecke abliegen. Dies hätten auch die Herren, die nach einer perfecten Zustandsgleichung aspirirten, bedenken können. Alsdann würden sie ihre Aspirationen und frommen Wünsche nicht für Thatsachen genommen und unterscheiden gelernt haben, dass von Etwas

ausgehen und zu Etwas gelangen zwei Acte sind, zwischen denen der Weg sich nicht blos lang, sondern auch unsicher gestalten kann. Das sprechendste Beispiel hiefür hat Herr Waals, mit dem hinter ihm herziehenden Herrn Clausius, bezüglich der Zustandsgleichung und speciell bezüglich der auf Spannungsgesetze der gesättigten Dämpfe gerichteten Velleitäten geliefert. Gleich fixundfertige, obenein ganz rationellseinsollende Formeln für die Spannung gesättigter Dämpfe liefern wollen, während es Andern eben nur gelungen ist, ein Stück rationell einfacher Erfahrungsgrundlage im Correspondenzgesetz zu schaffen, sieht doch gar zu voreilig und unreif aus. Dennoch ist diese Unreife grade die Blüthe, zu der es Herr Clausius auf den Schultern des Herrn Waals mit seiner blühenden und namenlosen Constantenschaar gebracht hat, auf deren Zauberkünste im sechsten Capitel gelegentlich ein Streiflicht geworfen worden!

Indessen eine kleine Entschuldigung für die Voreiligkeit und Unreife mag in diesem Falle am Orte sein. Wir hatten die augenblicklich modischen Matadore der von uns verlachten schwachen Kineteleien, sammt deren Stückchen epigonenhafter Carnoterei, gradezu herausgefordert, indem wir auf die Ohnmacht ihrer Mittelchen zu einer Erklärung des Correspondenzgesetzes hinwiesen und es direct aussprachen, dass der fragliche Kreis eitler Theorien und selbstgefälliger Theoretiker vor dem sichtbar gemachten einfachen Zusammenhang der Erfahrungsthatsachen rathlos festsässe. Nun, sie haben sich demgemäss flott machen wollen! Herr Clausius hat sogar zu Waalsschen Stangen und Rudern gegriffen und damit so gethan, als müsste das Fahrzeug rucken und vom Sande loskommen. Allein sehen wir heute hin, so hat sich das Ding, trotz allem Hantiren und Klappern, doch nicht von der Stelle gerührt. Es sonnt sich noch im Sande der alten Theoreteleien. Kein flüssiges Element, sondern nur immer noch Sand und wieder Sand, von welchem Nichts kommt und Nichts zu erwarten ist, als von Zeit zu Zeit ein paar Hände voll dem Publicum in die Augen und, wenn möglich, ein grösseres Portiönchen zur Verschüttung des Gegners und seines unbequemen Lichts. Jene Voreiligkeit und Unreife mag also gewissermaassen durch die prickelnde Verlegenheit und anspruchsvolle Unfähigkeit entschuldigt sein, — aber das Sandwerfen nicht.

5. Bezüglich des so sehr entscheidenden Uebergangs zwischen

dem Flüssigkeits- und dem Dampfzustande haben wir für die Sichtbarmachung eines Annäherungsgesetzes der correspondirenden Verdampfungswärmen auch von dem einzigen erheblichen Erbstück der Sadi Carnotschen Hinterlassenschaft, nämlich der Clapeyronschen Formel, einen Hülfsgebrauch gemacht. Diese Formel stammt noch aus der vormayerschen, d. h. äquivalentlosen Zeit, in der man noch nichts davon wusste, dass die Wärme eine mechanische Action, und wie sie in mechanischem Maasse auszudrücken sei. Durch dunkle Analogien und mechanisch ungeklärte Specialprincipien war 1824 Sadi Carnot und nach seinem in der Jugend erfolgten Tode ungefähr ein Jahrzehnt später der seinen Fusstapfen nachgehende Ingenieur Clapeyron zu einigen Formulirungen gelangt, die ungeachtet ihres ideell nebelhaften Ursprungs und ihrer Einhüllung in die grobe Wärmestoffvorstellung dennoch insofern thatsächlichen Werth haben, als sie sich in einigen Richtungen empirisch bewähren und auf einen bis heute noch unaufgeklärten, eigentlich mechanischen Grund deuten.

Das Hauptstück dieser Dinge, von denen die mechanische Wärmetheorie unserer Epigonen gezehrt hat und noch immer zehrt, ohne jedoch auch nur ein einziges wesentliches Stückchen Nahrung selber hinzuzuschaffen, — das markirte Hauptstück ist jene Clapeyronsche Formel, die für die Verdampfungswärme, für die Ausdehnungswärme, sowie überhaupt für solche Wärmemengen gilt, die für Zustandsänderungen bei constanter Temperatur in Rechnung kommen. In der Clapeyronschen Gestalt fehlte dieser Formel noch die Umwandlung einer in ihr gebrauchten unbekannten Function durch Hineinsetzung des Wärmeäquivalents. Nachdem letzteres einmal aufgefunden war, ergab sich die Umschreibung der Clapeyronschen Formel in die Sprache der Aequivalentmechanik als eine naheliegende Kleinigkeit. Diese soll und mag zuerst von irgend einem Thomson, deren die Engländer ja genug haben, besorgt sein; darauf kommt nichts an; auch jeder Müller in Deutschland oder auch der Wind, mit dem er mahlt, hätte das thun können, ja müssen, nachdem ihm das Aequivalentkorn einmal auf die Mühle geliefert war. Man begeht also kein Unrecht, wenn man kurzweg von einer Clapeyronschen Formel redet. Die Combination mit dem Aequivalent versteht sich dabei von selbst und hat nicht auf die mindeste Originalität Anspruch.

Unter den gekennzeichneten Umständen verstand es sich von selbst, dass wir die Clapeyronsche Formel, da wir uns auf die Axiome in ihrer Ableitung nicht stützen wollten, zunächst nur auf empirischen Credit hin brauchen konnten. Im nächsten Capitel werden wir den Kernpunkt einer klareren, von Carnotschen Axiomen unabhängigen Wärmemechanik nach eignen Grundsätzen kennzeichnen. Wir unterscheiden in dieser Beziehung stets auf das Sorgfältigste; das wirklich mechanisch Abgeleitete und Klare wird mit dem nicht verwechselt, was seine Wahrheitschancen, der dunkeln Axiome wegen, bisher hauptsächlich nur von der Uebereinstimmung mit der Erfahrung herleiten konnte. Auch steht letzteres an Werth noch unter dem, was unmittelbar auf Erfahrung gegründet und durch die äusserste Einfachheit von Beziehungen die höchsten Chancen der Rationalität für sich hat. Dies ist der Fall des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen. Insofern dieses Gesetz eines für die gesättigten Dämpfe ist, hat es die Theorie der Gase im Thatsächlichen über den Zustand hinausgeführt, in welchem sie durch die ausschliessliche Anknüpfung an das Mariotte-Gay-Lussac-Avogadrosche Gesetz gewohnheitsmässig gehalten wurde. Was die ganze sogenannte mechanische Wärmetheorie, einschliesslich ihres gesundesten, nämlich des Mayerschen Kerns, nicht abzusehen vermocht hat, und was sie auch heut noch nicht ableiten kann, ist auf unsern Wegen sichtbar geworden. Ein Stück neuer wirklicher Gastheorie ist ausserdem noch zuletzt mit dem Gesetz der Partialvolumina geschaffen, einem Gesetz, welches schon in seiner blossen Thatsächlichkeit interessant ist und Voraussagungen ermöglicht, aber noch weit mehr in rationeller Hinsicht dadurch bedeutet, dass es die seit Dalton eingewurzelten falschen Vorstellungen durch solche ersetzt, die mit den hydrostatischen Axiomen verträglich sind.

Sorgfältigste Rücksicht auf die Erfahrung und Streben nach strengster Rationalität sind zwei Dinge, die bei richtigem Verständniss beider Seiten Hand in Hand gehen. So haben wir das Avogadrosche Gesetz dadurch rationeller gemacht, dass wir es gleich dem Mariotteschen nur als Grenzbeziehung gelten liessen. Hiemit haben wir aber zugleich eine abgeänderte Formulirung desselben ermöglicht, durch die es mit der Erfahrung genauer zusammentrifft. Es sei auf diesen Umstand hier in der Zeichensprache, die unter Umständen bestimmter sein kann als die der

Worte, noch ausdrücklich aufmerksam gemacht. Bezeichnet man mit δ die Dichtigkeit und mit M das Moleculargewicht, so hat man nach der Avogadroschen Thatsache, vorläufig noch ohne Rücksicht auf eine Anzahl der Molecüle, bei gleichem Druck und gleicher Temperatur für zwei verschiedene Gase die Proportion $\delta_1 : \delta_2$ wie $M_1 : M_2$ oder die Gleichung $\delta_1 M_2 = \delta_2 M_1$. Hierin ist nichts Hypothetisches, sondern lauter Erfahrung, da ja auch M nur eine aus den Verbindungsgewichten abgeleitete Grösse bezeichnet. Nun haben wir aber schon in der ersten Folge dieser Schrift darauf aufmerksam gemacht, dass der gewöhnliche Dichtigkeitsbegriff da, wo es auf das Zwischenvolumen ankommt, durch einen abgeänderten, nämlich durch die Vorstellung zu ersetzen ist, wieviel Masse auf ein Quantum Zwischenvolumen vorhanden sei. Ist also sonst $\delta = \frac{m}{v}$, so haben wir für die auf das Zwischenvolumen bezogene Dichtigkeit ϱ die Gleichung $\varrho = \frac{m}{v - x}$. Unter Bezugnahme hierauf formulirt sich dann das Avogadrosche Gesetz in der Proportion $\varrho_1 : \varrho_2$ wie $M_1 : M_2$. Bringt man die Molecülzahl n ins Spiel, die zu gleichem Zwischenvolumen gehört, so hat man kurz $n_1 = n_2$, während der gewöhnliche Fall dieser Gleichheit nur bei der Convergenz gegen die Grenze mit unbeschränkter Annäherung eintritt. Nur im letzteren Falle lässt sich sagen, dass für gleiche Volumina, die alsdann von den Zwischenvolumina nur unbeschränkt wenig abweichen, die Gleichung $n_1 = n_2$ unbeschränkt genau werde, zumal es sich nach dieser Anschauungsweise nicht um Bruchtheile von Molecülen handeln kann. Uebrigens sei auch noch wegen der Beziehung des Avogadroschen zum neuen Mischungsgesetz, d. h. zum Gesetz der Partialvolumina, auf die Ausführungen des jüngeren Verfassers am Ende des fünften Capitels zurückgewiesen. Dort zeigte es sich, in welcher innigen Beziehung die Einfachheit eines zunächst an die Erfahrung angeknüpften Gesetzes zur Auffindung einer rationellen Ableitung steht.

Auch bezüglich des Zwischenvolumgesetzes selbst ist darauf aufmerksam zu machen, wie die Grösse x, mit der wir das gesammte Molecülvolumen bezeichnet haben, sich aus den Gasen derartig bestimmt, dass sie mit dem Volumen, das der Stoff im Zustande grösster Dichtigkeit hat, sehr wohl verträglich ist.

Dieser Zustand muss sich ihr nähern; völlig erreichen kann er sie nicht, solange noch die erfahrungsgemässe Körpernatur vorliegt, bei welcher Zwischenräume schon aus mathematischen Gründen, nämlich aus der Gestalt der Molecüle folgen, die wir doch beispielsweise nicht würfelförmig annehmen werden, — von der physikalischen Unwahrscheinlichkeit völliger Ausfüllung des Raumes nicht zu reden. Für den Wasserstoff ist der bis jetzt erreichte dichteste Zustand, nach der Amagatschen Angabe, durch das specifische Gewicht 0,12 gekennzeichnet, welches bei circa 4000 Atmosphären erreicht sein soll. Dies bedeutet eine Zusammendrückung von demjenigen Volumen, welches dem Atmosphärendruck und 0^0 entspricht, auf ungefähr $\frac{1}{1350}$. Hiemit ist natürlich die grösste Dichtigkeit nicht erreicht, und unsere Feststellung des Molecülvolumens nach dem Zwischenvolumengesetz auf $\frac{1}{1600}$ stimmt daher ganz wohl zu jener thatsächlichen Annäherung an eine grösstmögliche Dichtigkeit. Bei dem Sauerstoff, bei welchem die Cohäsion einen Gegeneinfluss ausübt, reichten die von uns zu Grunde gelegten Nattererschen Beobachtungen an Atmosphärenzahl nur bis ins vierzehnte Hundert, und unsere Zahl $\frac{1}{1300}$ für x musste zu klein sein. Nach dem Gesetz der Partialvolumina können wir aus den Thatsachen für die Luft und für den Stickstoff, die gemeinschaftlich bis zum achtundzwanzigsten Hundert reichen, durch einfache Subtrahirung das Volumen des Sauerstoffs bestimmen, und hienach müssen wir für das Molecülvolumen $\frac{1}{1100}$ setzen. Nun ist nach Amagats vorläufiger Angabe die von ihm erreichte grösste Dichtigkeit des Sauerstoffs 1,25, was einer Zusammendrückung auf $\frac{1}{875}$ entspricht. In beiden Beispielen sind es einige zwanzig Procent, um welche die kleinsten erreichten Volumina hinter der Kleinheit der von uns angenommenen Gesammtmolecülräume zurückbleiben, und das ist sichtlich in der Ordnung.

Fassen wir Alles, was in Rücksicht auf unsere Methoden zuletzt bemerklich gemacht worden, in ein einfaches Facit zusammen, so liegt die sozusagen stete Fühlung mit der Erfahrung klar zu Tage. Ausser den directen Controllen sind auch noch

indirecte Bestätigungen herbeigeholt und nichts ist auf eine Speculation in Willkürlichkeiten gegründet worden. Eine solche Haltung muss aber überhaupt für alle gesunde Physik Grundgesetz sein. Was wir so an der Gastheorie und den ihr benachbarten Gebieten speciell hervorgehoben haben, wird nun noch im Hinblick auf alle Aggregatzustände der Körper zu bethätigen sein. Hiebei wird eine gesunde Temperaturmechanik an die Spitze zu treten und die Beseitigung der Bastardgebilde vorzubereiten haben, die aus dem Fortwirken halbwüchsiger Ideen begabter Wärmestoffler in die Gestaltungen der Aequivalentzeit hineingetragen sind und grade jetzt als gar wunderliche Ausgeburten modisch herumlaufen.

Zehntes Capitel.

Kernpunkte einer Wärmestatik. Ausdehnung des verbesserten Avogadroschen Gesetzes auf alle Aggregatzustände.

1. Die Aequivalentmechanik der Wärme hatte den Mangel, an eine Temperaturstatik nicht gedacht zu haben. Sie beschränkt ihre Aufschlüsse auf die Vergleichungen der Wärmemengen mit den Arbeitsmengen, und die von ihr ausgegangene Grundgleichung kann daher auch als Arbeitsgleichung der Wärme bezeichnet werden. Gegen das Statische als solches hatte Mayer eine förmliche Abneigung, wie man in meiner Schrift über ihn, Ende des 2. Capitels, des Näheren angeführt findet. Dennoch hat grade seine Aequivalentmechanik der Wärme unbeachtete Vorstellungen aus der Vergangenheit wieder heraufziehen lassen; denn diejenigen, die mit seinem Gut wirthschafteten, konnten damit nichts weiter anfangen, als die nunmehr nahegelegten Ideen Aelterer daran anzukleben. Hatte man sonst von Sadi Carnot in der Welt so gut wie keine Notiz genommen, so tauchten nun seine Versuche, zunächst in der Clapeyronschen Gestalt, aus dem Dunkel auf. Sie waren aber auch selber dunkel genug, um es nicht grade überraschend erscheinen zu lassen, dass sie eine Generation hindurch nicht eingeleuchtet hatten und nicht ans Licht gezogen worden waren. Das Licht, welches jetzt auf sie fiel, strahlte vom Mayerschen Aequivalent aus. Ohne dieses hätten sie noch Jahrhunderte ein todtes Capital bleiben können; aber auch mit diesem haben sie vorläufig nur dazu gedient, die sogenannte mechanische Wärmetheorie ungleichartig und sozusagen in hybrider Weise zu gestalten.

Wenn Sadi Carnot selbst diese Amalgamirungen seiner Stoffconsequenzen mit dem entgegengesetzten Standpunkt erlebt hätte, so würde er über das Maass der Verschrobenheit gelacht haben, welches sich bei diesen kinderhaften Mischcopulationen kundgethan hat. Er würde, auf dem Standpunkt des Aequivalents angelangt und Angesichts der Nothwendigkeit einer rein mechanischen Construction der Vorgänge, seine Umwege verlassen, seine Umständlichkeiten abgethan und seine dunkeln Analogien mit klareren eigentlich mechanischen Vorstellungen vertauscht haben. Es würde dann nicht zu dem Misch- und Missstande gekommen sein, den ich bezüglich der Bestandtheile der heutigen mechanischen Wärmetheorie in der Schrift über die Mayerschen Leistungen Capitel 11 Nr. 2 in Rücksicht auf Carnotik und Bernoullik skizzirt habe.

Was Carnot aber selbst hätte thun können, das war natürlich kein Werk für die Würmer, die ihr akademisches und universitäres Mahl mit dem Leichnam seines einst lebenden Wissens anrichteten. Diese kriechenden und wühlenden Geschöpfchen haben sich an dem Cadaver gütlich gethan; sie haben alsdann den Mumienstaub der Carnotik neben der frischen Lebensanregung der Aequivalentmechanik aufwirbeln lassen und vermeint, dass wenn sie jenen Staub nur recht spielen und die Hauptsache umstäuben liessen, sie das Publicum überreden könnten, sie selber wären die eigentlichen Gastgeber und auf ihre Rechnung wären all die schönen Dingelchen erst hergestellt worden.

Um nun diesen heutigen Missstand nicht blos zu signalisiren, sondern auch unmittelbar und positiv zu seiner Ersetzung durch Besseres beizutragen, wollen wir den Faden der Ideengeschichte da anknüpfen, wo er den heutigen Treibern der Carnoterei nur abgerissen überkommen ist. Wir beginnen demgemäss mit eignen Grundvorstellungen, deren Verhältniss zu den geschichtlichen Antecedentien besonders klarzustellen sein wird. Unser nächster Ausgangspunkt muss der an die Erfahrung angeknüpfte Satz sein, dass die Temperatur ein statischer Kraftfactor sei. Hierin ist handgreiflich nichts mehr enthalten, als was schon das Gay-Lussacsche Gesetz in Bezug auf den Gang der Spannungen bei constantem Volumen lehrte. Hienach ist nämlich der Spannungszuwachs eines im Grenzzustande betrachteten Gases dem Temperaturzuwachs streng proportional. Je mehr Temperatur, desto

mehr äusserer Druck, und das, was man die Spannungsgrade nennen könnte, correspondirt den Temperaturgraden. Dieser Parallelismus ist später unwillkürlich und sozusagen in einer automatischen Rechnungsfiction, die sich aber jetzt als mehr denn Fiction erweist, in der Richtung der Scala nach unten bis zur Erschöpfung aller Spannung ausgedehnt worden, und so hat sich fast maschinenhaft und zuerst unmotivirt der Begriff eines absoluten Nullpunkts und einer absoluten Temperaturscala eingefunden.

Wenn wir die Temperatur als Spannungsfactor, und zwar im Sinne der Erfahrungsgesetze auffassen, so setzen wir sie natürlich mit dem statischen Druck nicht einerlei und lassen ihr physisches Wesen, gleich dem der Schwere, hiebei auf sich beruhen. Sie ist uns in diesem Zusammenhange eine auf die Scala bezügliche Grösse und nichts weiter. Diese Scalagrösse ist offenbar eine Function von etwas Anderem; aber um dieses Andere brauchen wir uns nicht zu kümmern. Wichtiger ist es, die Temperatur selber als Argument zu betrachten, von dem andere Dinge und Grössen Functionen sind. Auf diese Weise ist der Druck sachlich und nicht blos mathematisch eine Function der Temperatur, während umgekehrt wohl die Temperatur mathematisch, also in unsern Rechnungsumkehrungen, aber nicht sachlich, wenigstens nicht in der hier ins Auge gefassten Beziehung, als Function des Drucks aufgefasst werden darf. Die Spannung ist hienach eine Grösse, die man als durch Multiplication einer Constanten mit der Temperatur entstanden denken kann, und hiemit ist der Sinn des sachlichen Begriffes vom Spannungsfactor auch analytisch festgestellt. Setzt man, um vorläufig die Formeln noch nicht in unserm neuen Sinne abzuändern, $pv_1 = RT$, also den gewöhnlichen Ausdruck des Druck- und Ausdehnungsgesetzes, so entspricht dem sachlichen, von uns ins Auge gefassten Begriff $p = \frac{R}{v_1} T$ als significante Gestalt der Gleichung. Hiebei ist v_1 ein bestimmtes und constant bleibendes Volumen und daher $\frac{R}{v_1}$ jene Constante, zu der die Temperatur als Factor hinzutritt. Die Constante R ist $p_1 v_1$, wenn man mit p_1 die Spannung bei 1^0 absoluter Temperatur bezeichnet, und hienach bleibt $p = p_1 T$ als reducirteste Gestalt und als einfachster analytischer Ausdruck für unsere sachliche Vor-

stellungsart übrig. Die Erklärung der Temperatur für einen statischen Kraftfactor ist mithin nur die Heraushebung dessen, was sachlich und begrifflich entscheidet, aus dem experimentellen Zusammenhang und aus den analytischen Verbindungen.

Es sei hiezu noch bemerkt, wie wir den Satz vom Zwischenvolumen im Hinblick auf die Proportionalität von p und T nicht anzuwenden nöthig hatten, weil, wenn das Molecülvolumen x constant bleibt, auch das Zwischenvolumen u, da es gleich $v - x$ ist, v aber ebenfalls als constant vorausgesetzt wird, selber constant bleiben muss und daher Folgerungen aus einer Veränderung seiner nicht in Frage kommen. Anders hätte es sich verhalten, wenn wir für das Bereich der Grenzzustände den Satz $v = v_1 T$ abgeleitet hätten. Dieser ist auch dort nur eine Annäherungsgleichung, die durch die exacte Gleichung des Zwischenvolumens $v - x = (v_1 - x) T$ oder kürzer durch $u = u_1 T$ ersetzt werden muss. Jedoch auch in dieser Fassung hat sie nicht die unmittelbar sachliche Bedeutung einer eigentlichen Realfunction, da v nur im Rechnungssinne und sachlich nie direct, sondern erst durch Vermittlung des Drucks, als eine Function von T betrachtet werden kann. Ueberdies kommt noch die Verwicklung hinzu, dass man es hiebei nicht blos mit statischen Aequivalenten von der Form pu, sondern auch mit Uebergangsarbeiten zu thun bekommt, vermöge deren ein pu in ein anderes, statisch gleichwerthiges übergeführt wird. Bei constantem Volumen zeigt sich mithin das Verhältniss von statischer Kraft und Temperatur am reinsten und deutlichsten.

2. Der Satz von der Temperatur als dem Spannungsfactor ist ein specifischer für das Wärmebereich und kann als Fundament einer Wärmestatik dienen, die als solche selbständig eingeführt wird. Zu diesem specifisch thermischen Satz, der zu seinem Gebrauch an sich einer rein mechanischen Auflösung aus dem mechanischen Wesen der Temperatur nicht bedarf, haben wir nun aber an zweiter Stelle die Formulirung eines universellen Satzes zur allgemeinen Mechanik nöthig. Dieser besteht in folgender, aus der Erfahrung und den ihr angeschlossenen Denknothwendigkeiten verbürgter Wahrheit. Jeder motorische Vorgang, d. h. jeder Bewegungsvorgang, bei welchem ein Widerstand überwunden wird, beruht auf der Lösung einer Spannung. Diese Lösung selbst ist aber nichts weiter als die Herabminderung einer Mehrspannung. Die jedem Techniker

geläufige Vorstellung, dass zur Bewerkstelligung einer Bewegung stets ein Ueberdruck gehöre, ist der handgreifliche und bekannte Sinn jenes Satzes von der Spannungslösung. In dem abstracten Bereich dagegen, welches sich rationelle oder analytische Mechanik nennt, wird der Satz meist dadurch verdunkelt, dass dort eine unexacte Fassung des Axioms von der Gleichheit der Action und Reaction ihr Wesen treibt.

Beruht nun erstens jeder motorische Vorgang auf Spannungslösung, und ist zweitens die Temperatur der Spannungsfactor, so folgt hieraus, dass motorische Wirkung der Wärme mit Herabminderung des Spannungsfactors, d. h. mit einem Sinken der Temperatur verbunden sein muss. Selbstverständlich ist hiebei vorausgesetzt, dass die zur Arbeit wirksame Wärme aus dem Bereich des Körpers, also beispielsweise des Gases entnommen werde, welches den Widerstand überwindet. Dies ist nun sichtlich der Fall, sobald ein Zugang äusserer Wärme nicht vorausgesetzt wird, also bei der sogenannten adiabatischen Isolirungsannahme, die gleichsam eine für die Wärme undurchdringliche Begrenzung statuirt. Ueberdies darf nur eigentliche Wärme in fertiger Gestalt als wirklicher Vorrath vorgestellt und dürfen daher blosse mechanische Anlagen zur Wärmeerzeugung und innere Neuproductionen von Wärme in einem Körper nicht mitveranschlagt werden. Hütet man sich jedoch, derartige abändernde Umstände misszuverstehen, so müssen alle auf den ersten Blick sich anmeldenden Ausnahmen bei gründlicher Untersuchung sich als Scheinausnahmen erweisen.

Diese Andeutung geht jedoch die Statik selbst nicht an, und auf diese beschränken wir uns im Verfolg dieses Capitels. Carnot hat sein Axiom, dass Wärmeeffect nur aus dem Verbrauch einer Temperaturdifferenz sich ergebe, in einer dunkeln Weise gebraucht. Seine letztinstanzliche Formulirung desselben ist sogar noch dunkler gerathen. Nach ihr wird als zugestanden gefordert, dass ganz im Allgemeinen ein Uebergang von Wärme nie in das höher temperirte Bereich, ausser mit Hülfe mechanischer Arbeit, statthaben könne. Noch heute laufen derartige Ausdrucksweisen als wesentliche Grundsätze der Wissenschaft um, obwohl sie theilweise in der Fassung noch die Stoffmechanik an der Stirn tragen. Mechanische Arbeit führt nicht Wärme über, sondern erzeugt sie. Es wäre also doch mindestens nöthig, die Redeweise ein wenig zu ändern, wenn auch immerhin das

Axiom selbst in der Carnotistischen Wärmemechanik, also für die Ableitung des Hauptsatzes derselben, der in der Clapeyronschen Formel enthalten ist, nach der fraglichen Tradition nicht entbehrt werden kann. Gilt die Temperatur als das statische Element der Wärmemechanik, so versteht es sich, dass ein dynamischer Vorgang und ein spontanes Uebergehen von Wärme nur bei einer, wenn auch noch so geringen Störung des Gleichgewichts stattfinden kann. Es versteht sich also unter dieser Voraussetzung aus dem Begriff der Voraussetzung selbst, dass irgend eine, wenn auch noch so geringfügige Ungleichheit der Temperatur die Vermittlung bilden müsse, um Veränderungen der Wärmemenge hervorzubringen. Steigt die Temperatur t um dt, so kann sie in einem unmittelbar zugehörigen Acte auch um dt sinken, und alsdann ist die Constanz und Permanenz von t nicht ein eigentlicher statischer, sondern nur ein stationärer Zustand, der durch den Schein der thatsächlichen Gleichheit und Stetigkeit nicht über die innerliche Zusammengesetztheit des Vorgangs täuschen darf.

Was ist nun klarer, die Temperatur als den Grund einer statischen Kraft behandeln, oder aber an Stelle dieses leitenden Begriffs eine dunkle Anwendung von jenem obenein diffus gefassten Axiom machen, dass Wärme vom kältern auf den wärmern Körper nur unter Aufwendung mechanischer Arbeit übergehe? Wir denken, jener erste Begriff entspricht der modernen, durch Mayer beherrschten Aera allein und ausschliesslich. Die Wärme ist dem neuen Standpunkt zufolge als eine Kraft zu fassen. Nun hat jede Kraft die zwei Seiten des Statischen und des Dynamischen an sich, und es ist demgemäss ganz natürlich und allen Thatsachen entsprechend, dass der Temperatur die Rolle des statischen Factors zufällt. Der Umstand, dass Mayer selbst nur das Dynamische und die Wärmemengen in Betracht gezogen hat, ändert nichts an der Nothwendigkeit einer eigentlichen Temperaturstatik. Im Gegentheil macht die bisherige mechanische Würdigung der Wärmemengen erst recht die Lücke fühlbar, dass die Temperatur nicht für jedweden Körperzustand, also nicht für alle Aggregatzustände, ja nicht einmal zureichend für den Gaszustand, nach statischem Kraftmaass in Gleichung gestellt werden konnte.

Das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz hat den ersten Ausgangspunkt zu einem unwillkürlichen und noch nicht sonderlich

bewussten Anfang einer Statik der Wärmekraft geliefert. Hiemit kam man aber ein paar Menschenalter hindurch und bis in die siebziger Jahre dieses Jahrhunderts nicht über ideelle Gasschemata hinaus, und auch Herr Waals hat seinen Abzug vom Volumen, mit dem allenfalls unser viel weitertragendes Zwischenvolumgesetz verglichen werden kann, in so engen Schranken gedacht, dass eine principielle Umfassung aller Aggregatzustände dabei unmöglich blieb, — nicht davon zu reden, dass ohne unser jetzt vorzuführendes Gesetz, welches über das Avogadrosche weit hinausträgt, nicht einmal an eine ernsthafte Ausdehnung der Zustandsgleichung auch nur auf Flüssigkeiten zu denken war.

Auf eben jenes Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz, welches den ersten Ausgangspunkt einer Wärmestatik bildet, ist auch der Entwurf des Carnotschen Cyklus für ein rein ideelles Gas gegründet. Alle weitern Consequenzen der Carnotik stammen aus diesem Anfang, und wenn sie auch von vornherein auf Beziehungen von Wärmemengen hingesteuert hat und in ihren bisherigen, durch Clapeyron vermittelten weitern Anwendungen nur in die Bestimmung von Wärmemengen ausgelaufen ist, so darf diese Wendung nicht irreführen. Ihr Ausgangspunkt bleibt nichtsdestoweniger ein statischer, und der Kern der Clapeyronschen Formel, der sich in seiner einfachen Gestalt auf die Ausdehnungswärme bezieht, kann eine Gestalt erhalten, die einen statischen Bestandtheil andeutet. Bezeichnet man nämlich die auf das Volumenelement kommende, sogenannte latente Ausdehnungswärme nach mechanischem Maass mit dQ, so besteht die durch Benutzung des Wärmeäquivalents vereinfachte Clapeyronsche Gleichung in der einfachen Formel $dQ = T\frac{dp}{dt}dv$. Hiebei achte man darauf, dass wir mit dQ eine Quantität Arbeit bezeichnen, durch die eine entsprechende Wärmemenge vertreten wird; wir ersparen auf diese Weise die Multiplication mit der Aequivalentzahl, indem wir von vornherein Alles auf mechanisches Maass zurückgeführt denken. Dividirt man nun jene Gleichung mit dv, so hat man $\frac{dQ}{dv} = T\frac{dp}{dt}$. Nun ist $T\frac{dp}{dt}$ offenbar eine Spannungsgrösse, nämlich ein Vielfaches des kleinen Spannungszuwachses dp, wobei

der Factor $\frac{T}{dt}$ das Multiplum anzeigt. Trotzdem wäre der Schluss, dass es sich in der Clapeyronschen Formel unmittelbar um eine Gleichsetzung statischer Spannungen handle, ein vorgreifender. Wohl aber findet sich darin angedeutet, dass ein rein statischer Bestandtheil herauszuschälen sein muss, der sich auch in der That, die spätere Analyse aus den Folgerungen unserer neuen Zustandsgleichung vorausgesetzt, kenntlich machen lässt. Hier sei es jedoch genug, auf die Verwandtschaft der Entwicklungen aus dem Carnotschen Cyklus mit ihren statischen Ausgangspunkten hingewiesen zu haben.

3. Eine Zustandsgleichung für alle Aggregatzustände muss natürlich auch den Typus einschliessen, der für die Gasform bisher gewonnen wurde. Nur muss sie auch zugleich für den Gaszustand richtiger, vollständiger und allgemeiner ausfallen. Die Gase sind dadurch bis zu einem gewissen Grade beherrschbar geworden, dass man sie als einen Inbegriff selbständiger Molecüle erkannte, die von Kräften und Gegenkräften ihren jeweiligen Zustand im Raume angewiesen erhalten. Man muss nun mit den Körpern überhaupt auf gleiche Weise verfahren und von vornherein davon ausgehen, es sei den Principien nach die Hervorbringung des Gleichgewichts der darin enthaltenen Molecüle von analogen Kraftbeziehungen abhängig wie im Gaszustande. Wir haben also hienach schon ursprünglich angenommen, unser Gesetz des Zwischenvolumens müsse, wenn es nur richtig angewendet werde, auch für Flüssigkeiten und feste Körper gelten. Da wir nämlich durch keine Kineterei behindert wurden, so konnten uns auch die äussersten Zustände der Verdichtung oder gar der Erstarrung keine Schranke auferlegen. Wohl aber stand zunächst eine andere Schwierigkeit entgegen, die erst zu heben war. Sie lag nicht im Gebiet dessen, was man als rein physikalisch anzusehen gewohnt ist, sondern führte sozusagen in die Wurzeln des Chemischen, ja des Specifischen der im eminenten Sinne modern zu nennenden Gestalt der Chemie.

Diese Gestalt ist von Laurent und Gerhardt aus dem Avogadroschen Gesetz gewonnen worden, und für uns war nun wiederum eine tiefergreifende Grundlegung, nämlich ein Hinausgehen über den Inhalt des Avogadroschen Gesetzes und die Substituirung einer weit allgemeineren Wahrheit erforderlich, um in der Physik, d. h. hier speciell in der Wärmestatik, einen ent-

scheidenden Schritt vorwärts zu gelangen. Bereits im ersten Heft sahen wir das Avogadrosche Gesetz in seiner überlieferten Fassung als nur für den Grenzzustand ideeller Gase zutreffend an. Wir bezogen es daher anstatt auf das Volumen auf das Zwischenvolumen und gaben so eine Verbesserung des Avogadroschen Satzes, die derjenigen des Mariotteschen und des Gay-Lussacschen analog war. Hiemit ist es aber keineswegs genug; denn unwillkürlich blieb für den verbesserten Avogadroschen Satz die Beschränkung auf Gase bestehen und musste es nach den bisherigen Einsichten auch, da man an eine Veränderung der Molecülzahl mit den Aggregatzuständen noch nicht gedacht hatte. Die Molecularstatik der Wärme für flüssige und feste Körper setzte daher voraus, dass wir von Verdoppelungen und Vermehrfachungen der Molecüle ausgingen, und so wurden wir dahin geführt, die Molecülzahl und zwar als Veränderliche in die Zustandsgleichung einzuführen und auf diese Weise den Avogadroschen Satz nicht blos zu verbessern, sondern durch eine umfassendere Wahrheit zu ersetzen. Wir hatten auf diese Weise noch den Vortheil, die Zustandsgleichung, d. h. die statische Grundgleichung, von einem besondern Stoff und Körper unabhängig zu machen, also ohne Weiteres als für alle Substanzen gültig auszudrücken.

Wenn wir vor allen Dingen auf die Gewinnung der statischen Grundwahrheiten, also sozusagen auf eine Temperaturmechanik im Unterschiede von der Mechanik der Wärmemengen hingearbeitet haben, so ergab sich diese Richtung aus der oben motivirten Ueberzeugung, dass auf diese Weise der letzte und einfachste Anhaltspunkt für alles Uebrige noch erst zu gewinnen sei. Aus diesem Gesichtspunkt betrachte man die Feststellungen des vorliegenden Capitels, die zwar unmittelbar und an sich selbst eine Bedeutung haben, aber auch Aussichten eröffnen, die umgestaltend für alles Bisherige werden müssen. Um nun in einer solchen Hauptangelegenheit in den leitenden Ideen keine Lücke zu lassen, werden wir die Elemente zur Grundgleichung, unter Hinweisungen auf den erweiterten Sinn dieser Elemente, Stück für Stück zusammenfügen und die entscheidende Abänderung daran anschliessen.

Soll das Zwischenvolumen, d. h. das Volumen nach Abzug des von den Molecülen eingenommenen Volumens, also $v - x$ oder kürzer u, auch für Flüssigkeiten und feste Körper als Spiel-

raum der statischen Wärmekraft maassgebend sein, so muss man sich eine bestimmte Vorstellung davon machen, was hier der Wärmespannung entgegengesetzt sei. Bei den Gasen im Grenzzustande ist es fast nur äusserer Druck; bei Flüssigkeiten und festen Körpern hat aber die Wärmespannung in ihrem Ausdehnungsbestreben ein Zusammenhalten der Molecüle mit sich selbst aufzuwiegen. Dieser Zug nach innen, der immerhin Cohäsion heissen mag, bildet gleichsam die Last, welche vorzuschieben ist, wenn die Ausdehnungswirkungen der Wärme sich bethätigen sollen, und er ist auch die Gegenpressung, welche sich steigert, wenn bei gleicherhaltenem Volumen die Erhöhung der Temperatur den statischen Wärmedruck entsprechend erhöht. Dagegen spielt der äussere Druck bei den Flüssigkeiten und festen Körpern gemeiniglich nur eine äusserst geringfügige Nebenrolle, von der man vorläufig für die Hauptsache ganz absehen kann, wie man im extremen Gaszustande vom innern Zuge völlig absieht. Was thut beispielsweise bei dem Quecksilber unter gewöhnlichem Druck die eine Atmosphäre, die darauf lastet, in Vergleichung mit der enormen Zugkraft der Molecüle gegen sich selbst, die wir nach unsern neuen Principien als an 17000 Atmosphären heranreichend berechnen werden? Derartige kleine äussere Druckgrössen kommen da, wo es sich um die Gesammtmenge des innern Drucks handelt, nicht in Betracht.

Wenn das Quecksilber sich ausdehnt, so hat die statische Wärmekraft die circa 17000 Atmosphären des innern Zuges und natürlich auch die eine des äussern Drucks statisch aufzuwiegen, und ausserdem ist mit der Erhöhung der Temperatur ein Ueberdruck zu liefern, der die vom Zuge verursachte Last durch den Raum fortschiebt, d. h. die Molecüle voneinander entfernt. Was hiebei geleistet wird, ist Erweiterung des Zwischenvolumens, auf die aber nach unserm Princip nur geschlossen wird, da die Beobachtung nur ganze Volumina zu zeigen vermag. Das statische Verhältniss haben wir uns nun ähnlich wie bei den Gasen zu denken, nur dass wir den Zug oder, wenn man will, den innern Druck π an Stelle des äussern Drucks p maassgebend machen.

Statt des Products $p\ (v - x)$ oder $p\ u$ erhalten wir daher für Flüssigkeiten und feste Körper $\pi\ u$ oder, wenn wir den innern Zug z noch von dem äussern Druck p unterscheiden wollen und demgemäss in π noch die kleine Grösse p mitenthalten sein lassen, $(p + z)\ u$ als dasjenige Product, welches dem

ursprünglichen $p\ v$ des Mariotteschen Gesetzes bei Gasen analog ist. Wollten wir nun aber diesem Product die herkömmliche, dem Gay-Lussacschen Gesetz entsprechende Temperaturfunction $R\,T$ gleichsetzen, wie man es bisher in allen Zustandsgleichungen der Gase und der Grenzübergänge zur Flüssigkeit gethan hat, so würden wir nichts ausrichten. Es ist nämlich R in den fraglichen Gleichungen als Constante eingeführt, während es in Wahrheit keine sein darf. Nach den bisherigen unrichtigen Voraussetzungen müsste R nicht nur gleich $\pi_1\ u_1$, d. h. gleich dem Werthe von πu für 1^0 absoluter Temperatur, sondern dieser Werth auch eine constante Grösse sein. Nun ist aber nicht blos, wie man weiss, R von einem Stoff zum andern keine Constante, sondern auch, wie die Physiker bisher nicht berücksichtigt haben, innerhalb der Zustände desselben Körpers keine solche.

Wäre $\frac{(p+z)\,(v-x)}{T} = R$ eine Constante, dann wäre die hiemit ausgedrückte Zustandsgleichung, mit der man bisher für Gase und angrenzende Flüssigkeitszustände hantirt hat, abgesehen von den problematischen Bestimmungen der Function z und dem kinetischen Substitut von x, immerhin eine richtige, so unexact sie auch angewendet worden ist. Nun aber leidet sie überdies an dem Grundfehler, dass R auch für denselben Körper nicht constant ist, und es folgt hieraus, dass die Raisonnements, die man auf diese Gleichung gegründet hat, überall Falsches ergeben mussten, wo nicht etwa der Umstand, dass R thatsächlich eine Veränderliche ist, völlig oder annähernd gleichgültig blieb.

4. Wie schon angedeutet, löst sich die Schwierigkeit einer Zustandsgleichung für Flüssigkeiten und feste Körper dadurch, dass man den Avogadroschen Gesichtspunkt der Molecülzahl durch Auffindung eines allgemeineren Gesetzes erweitert und auf Grund einer Molecularstatik etwas gewinnt, was auch Avogadro schon gern festgestellt hätte, aber ohne die neuen statischen Vorstellungen offenbar nicht erreichen konnte. Wir führen daher an Stelle der angeblichen Constanten R das Product einer Constanten b mit der veränderlichen Molecülzahl n als Factor von T ein. Alsdann lautet die statische Fundamentalgleichung

$$(p + z)\,(v - x) = b\,n\,T.$$

Man beachte wohl, dass hier die Constante b nicht nur für alle Zustände desselben Körpers, sondern auch für alle Stoffe dieselbe bleibt. Unsere erweiterte Fassung der specialisirten

Zustandsgleichung gilt also für alle Körper, und man könnte sagen, dass sie, abgesehen von einer näheren Bestimmung der Functionen x, z und n, die allgemeine Zustandsgleichung der Materie überhaupt vorstelle. Bezüglich des x sei nämlich nebenbei bemerkt, dass, obwohl wir es in unserm bisherigen Gebrauch als annähernde Constante zu behandeln ein Recht hatten, doch die eindringendere Analyse lehren wird, wie diese Voraussetzung keine allgemeine sein dürfe. Was nun aber die Functionen z und n anbetrifft, so brauchen wir deren nähere Constitution in den Rechnungen, die wir anstellen werden, nicht zu kennen. Soviel ist aber für z wesentlich, dass es ausschliesslich als eine Function des Volumens angesehen werden kann, weil die Verleitung, es auch als Function der Temperatur zu nehmen, dadurch wegfällt, dass sich alle scheinbaren Einflüsse der Temperatur darauf nach der Einführung der Function n durch die Abhängigkeit dieser Molecülzahl von der Temperatur und dem Volumen erklären. Auch ist es das Natürlichste, die Zugkraft zwischen den Molecülen als etwas Selbständiges zu denken, was nur von dem Volumen abhängt, mit der Temperatur aber direct nichts zu schaffen hat. Uns scheint es sogar ebenso unberechtigt, die Cohäsion unmittelbar als von der Temperatur bestimmt denken zu wollen, als wenn man es sich einfallen liesse, die Schwere als von der Temperatur abhängig zu fingiren.

Uebrigens lässt sich durch eine Hinweisung auf den Gang der Minusabweichungen vom Mariotteschen Gesetz der Schein beseitigen, als wenn die Cohäsion, bei constant vorausgesetztem Volumen, auf Rechnung der sinkenden Temperatur zunähme. In der That sind jene Minusabweichungen bei einer niedriger gewählten Temperatur verhältnissmässig grösser als bei einer höhern. Dies braucht aber nicht von einer Aenderung der Cohäsion herzurühren, sondern erklärt sich weit einfacher und natürlicher dadurch, dass bei niederer Temperatur bereits eine grössere Zahl von Molecülvereinigungen in Anschlag zu bringen ist, als bei einer höher belegenen. Es ist also bei niederer Temperatur, gleiches Volumen vorausgesetzt, die Molecülzahl n kleiner und wird hiedurch der Druck verhältnissmässig geringer. Der gesteigerte Minuseffect an Spannung rührt also wohl mittelbar von der Temperatur her; aber es ist ein trügerischer Schein und eine unmotivirte Wendung, wenn die Cohäsion selber, wie in der Cap. 6 im Allgemeinen gekennzeichneten Flickarbeit des Herrn

Clausius, zu einer Function gestempelt wird, die mit steigender Temperatur abnimmt.

Ehe wir durch specielle Rechnung die Bewahrheitung der Hauptelemente unserer statischen Grundgleichung vornehmen, wollen wir den Sinn der darin formulirten Beziehungen noch durch erläuternde Wortfassungen näher bestimmen. An die Spitze ist der Satz zu stellen, dass für alle Aggregatzustände der Wärmedruck, d. h. die statische Gesammtreaction der Wärme gegen alle innern und äussern Widerstände, dem Zwischenvolumen umgekehrt proportional ist. Eben dieser Wärmedruck ist alsdann noch der absoluten Temperatur und der Anzahl der Molecüle direct proportional. Die Aufstellung, dass er auch der Anzahl der Molecüle proportional sei, ist die besondere Eigenthümlichkeit, die als das denkbar Allgemeinste und als tieferer Grund der Sache an die Stelle des Avogadroschen Gesetzes tritt. Letzteres formulirte nichts weiter als bei Gasen verschiedener Stoffe, unter Voraussetzung der Gleichheit von Volumen, Temperatur und Druck, auch die correspondirende Gleichheit der Molecülzahl. Unser Gesetz formulirt sich entsprechend für alle Stoffe dahin, dass bei der Gleichheit von Zwischenvolumen, Temperatur und Wärmedruck, und zwar nicht blos in den Gasen, sondern überhaupt in den Körpern, die Anzahl der Molecüle immer die nämliche ist. Ueberdies erwäge man, dass Avogadro noch gar nicht daran hatte denken können, dass sich die Molecülzahl ändert, und dass grade in den Beziehungen, die wir bezüglich dieser Aenderung für die Aggregatzustände sichtbar machen, das zweite wichtige Element unseres verallgemeinerten Gesetzes liegt. Zu dem Satz von der Gleichheit der Molecülzahl unter den angegebenen Bedingungen tritt also noch der zweite Satz, dass die Molecülzahl sich sozusagen mit der Scala der Zustände ändert und grade in den verschiedenen Aggregatzuständen ein anderes Vielfache ihres ursprünglichen Werthes aufweist und zwar rechnungsgemäss aufweist.

Aus der statischen Grundgleichung mit der Molecülzahl lässt sich eine sehr einfach gestaltete für das einzelne Molecül ableiten, in welcher natürlich die Molecülzahl als solche verschwindet. Bezeichnet man nämlich mit y das zu einem einzelnen Molecül zugehörige Zwischenvolumen, so wird das ganze Zwischenvolumen durch ny ausgedrückt, und man hat nach der Grundgleichung

$$\pi n y = b n T,$$

also nach der Division mit n

$$\pi y = b T.$$

In Worte gefasst, ergiebt diese einfache Gleichung das Gesetz: Der Wärmedruck ist bei jedwedem Stoff dem zum einzelnen Molecül gehörigen Zwischenvolumen umgekehrt und der absoluten Temperatur direct proportional. In dieser Formulirung ist die Molecülzahl darum nicht mehr in Frage, weil sie schon durch die Reduction des Gesetzes auf ein einzelnes Molecül mitberücksichtigt ist. Man kann dies auch unmittelbar an der statischen Grundgleichung sofort sehen, indem man n auf die linke Seite bringt und überlegt, dass $\frac{u}{n}$ eben y ist. Man hat nämlich unmittelbar $\pi \frac{u}{n} = bT$, und hieraus sofort $\pi y = b T$. Bei der Untersuchung der Gasmischungen in Cap. 5 wurde derselbe Sachverhalt, aber erst für Gase, in Worten bereits signalisirt und dem Gasmischungsgesetz zu Grunde gelegt.

Nachdem wir in dem Bisherigen die allgemeine Form unserer Zustandsgleichung in dem Grade von Bestimmtheit, dessen sie bei einer soliden physikalischen Haltung fähig ist, sowohl analytisch als auch nach den leitenden Sachbegriffen gekennzeichnet haben, bleibt nur noch übrig, auf die Methode ihrer folgenden Bearbeitung hinzuweisen. Es soll sich die Verschiedenheit von n, ganz wie einst das Avogadrosche Gesetz, als das natürlich geforderte Erklärungsmittel gewisser Thatsachen ergeben. Es wird daher wesentlich sein, dass die nächsten Ableitungen dieser Thatsachen ohne Rücksicht auf die besondere Grösse von n vonstattengehen. Dies zeigt sich in der Möglichkeit seiner Elimination bei Zuhülfenahme der Differentialgleichungen der statischen Grundgleichung. Diese Elimination ist erforderlich, da die Anzahl der in einer gegebenen Stoffmenge, z. B. einem Gramm, enthaltenen Molecüle nicht nur, gleich dem Moleculargewicht, ihrem absoluten Werth nach unbekannt ist, sondern auch relativ, d. h. durch Angabe ihres Verhältnisses zu der Atomzahl einer gleichen Gewichtsmenge Wasserstoff, erst dann bestimmbar sein wird, wenn der Weg gefunden ist, Cohäsionsdruck und Zwischenvolumen flüssiger und fester Körper unabhängig von ihr zu ermitteln. In der folgenden Nummer wird sich zeigen, wie diese Ermittlung nach stattgefundener Elimination von bn aus der unmittelbar vorläufig

noch nicht anwendbaren Zustandsgleichung ermöglicht werden kann.

5. Differenziren wir unsere statische Grundgleichung

$$(p + z)\ (v - x) = b\,n\,T$$

zunächst nach t, unter Vernachlässigung der etwaigen kleinen Veränderung des Molecülvolumens x, so erhalten wir

$$(v - x)\ dp = b\,n\,dt + b\,T\,dn,$$

und hieraus

$$b\,n = (v - x)\frac{dp}{dt} - b\,T\,\frac{dn}{dt}.$$

Setzt man den so erhaltenen Ausdruck für bn in die rechte Seite der Stammgleichung ein, so ergiebt sich

$$(p + z)\ (v - x) = (v - x)\ T\,\frac{dp}{dt} - b\ T^2\,\frac{dn}{dt}.$$

Dividiren wir nun auf beiden Seiten der Gleichung mit $v - x$, so findet sich

$$p + z = T\,\frac{dp}{d\,t} - \frac{b\,T^2}{v - x}\,\frac{dn}{dt}.$$

Erwägt man nun, dass das auf der rechten Seite dieser letzteren Gleichung zu subtrahirende Glied in der Regel positiv ausfallen wird, da die Wärme meist auf Auflösung der zusammengesetzten Molecüle, also auf eine Vermehrung der Molecülzahl hinwirken, demzufolge n mit der Temperaturerhöhung zunehmen und folglich der Factor $\frac{dn}{dt}$ des fraglichen Gliedes positiv sein wird, so gelangt man zunächst zu dem Schluss, dass $p + z$, also auch z, stets kleiner als $T\,\frac{dp}{dt}$ sein muss. Es lässt sich also ein Maximum für z angeben, sobald man $\frac{dp}{dt}$ kennt. Letztere Grösse ist aber sowohl für Flüssigkeiten als für feste Körper leicht berechenbar, sofern man deren kubische Ausdehnungs- und Compressibilitätscoefficienten kennt, wie wir sogleich sehen werden.

Die Ausdehnung eines Körpers durch Temperaturerhöhung bei constantem Druck wird durch $v\alpha\,dt$, seine Compression durch Druckvermehrung bei constanter Temperatur durch $v\beta\,dp$ dargestellt, wobei α den Ausdehnungs-, β den Compressibilitätscoefficienten und v das Ausgangsvolumen bezeichnen. Die Volumenänderung dv, welche durch gleichzeitige Temperaturerhöhung dt und Druckvergrösserung dp hervorgebracht wird, ist also gleich

$v\ (\alpha\, dt - \beta\, dp)$. Wird aber die Temperatur bei constantem Volumen erhöht, so muss hiedurch der Druck in dem Maasse gesteigert werden, dass sich die Ausdehnung, welche bei constantem Druck eintreten würde und die Compression, welche jene Drucksteigerung bei constanter Temperatur hervorbringen würde, einander aufheben. Aus der Gleichung

$$dv = v\ (\alpha dt - \beta\, dp) = 0$$

ergiebt sich also für diesen Fall $\frac{dp}{dt} = \frac{\alpha}{\beta}$. Für Quecksilber ist z. B. bei 0^0 $\alpha = 0{,}000181163$, $\beta = 0{,}00000295$, also $\frac{dp}{dt} = 61{,}413$ Atmosphären pro Celsiusgrad. T ist gleich 274, also $T\,\frac{dp}{dt} = 274 \times 61{,}413 = 16\,827$. Demgemäss kann $p + z$ für Quecksilber nicht grösser als 16 827 Atmosphären sein, und da p in diesem Falle gleich einer Atmosphäre vorausgesetzt wurde, so ergiebt sich, dass der Cohäsionsdruck in Quecksilber von 0^0 16 826 Atmosphären oder etwas weniger beträgt.

Um nun auch das Zwischenvolumen eines Körpers ohne Kenntniss seines Moleculargewichts zu berechnen, müssen wir die Zustandsgleichung von Neuem, und zwar nach v, differenziren. Alsdann ergiebt sich aus

$$(v - x)\ (dp + dz) + (p + z)\ dv = b\, T\, dn$$

$$v - x = \frac{b\, T\, dn - (p + z)\ dv}{dp + dz}.$$

Setzt man nun in die letztere Gleichung für z den oben gefundenen Ausdruck und für dp wegen der erwähnten Beziehung $dv = - v\beta\, dp$ den Quotienten $- \frac{dv}{v\beta}$ ein, so ergiebt sich

$$v - x = v\, \frac{\alpha\ T - \frac{b\beta T^2}{v - x}\,\frac{dn}{dt} - b\beta T\,\frac{dn}{dv}}{1 - \frac{v}{z}\,\frac{dz}{dv}\left(\alpha T - \frac{b\beta T^2}{v - x}\,\frac{dn}{dt} - \beta p\right)}.$$

Wird nun berücksichtigt, dass die Anzahl der Molecüle in der Regel mit wachsendem Volumen und wachsender Temperatur zunimmt, ferner dass der Cohäsionsdruck z mit wachsendem Volumen abnimmt, also die Factoren $\frac{dn}{dt}$ und $\frac{dn}{dv}$ positiv sind, $\frac{dz}{dv}$ aber negativ ist, so findet sich folgende Beziehung

$$v - x < \frac{v \alpha T}{1 - \frac{v}{z} \frac{dz}{dv} \alpha T} < v \alpha T.$$

Obwohl wir also das Zwischenvolumen $v - x$ nicht genau berechnen können, da uns die Werthe von $\frac{dn}{dt}$, $\frac{dn}{dv}$, $\frac{dz}{dv}$ nicht bekannt sind, so ist doch die Feststellung eines grösstmöglichen Werthes desselben, der übrigens von dem wirklichen wahrscheinlich nur unerheblich abweicht, ausführbar. Nehmen wir wieder das Quecksilber als Beispiel, so haben wir für dasselbe $\alpha T =$ $0{,}000181163 \times 274 = 0{,}04964$; es ist daher $v - x < 0{,}04964\, v$. Zunächst ersehen wir also mit aller Bestimmtheit, dass das Zwischenvolumen des Quecksilbers bei 0^0 noch nicht den zwanzigsten Theil des ganzen Volumens ausmacht, so dass das Molecülvolumen mehr als $^{19}/_{20}$ des von dieser Flüssigkeit ausgefüllten Raumes einnimmt. Wir können jedoch in diesen Feststellungen noch etwas genauer verfahren. Nehmen wir, was doch wahrscheinlich ist, an, der Cohäsionsdruck z sei wesentlich einer Potenz der Dichtigkeit proportional, so findet sich, dass die Grösse $-\frac{v}{z}\frac{dz}{dv}$ dem Exponenten η dieser Potenz gleich sein muss. Ferner geht aus den Minusabweichungen der Gase vom Mariotteschen Gesetz hervor, dass dieser Exponent nur zwischen $^5/_3$ und $^7/_3$ liegen kann, so dass wir ihn annähernd gleich 2 setzen können, ohne damit nach Art des Herrn Waals die noch unsichere Beziehung zwischen z und v schon vorwegzunehmen. Ueberdies sind wir berechtigt, im speciellen Fall des Quecksilbers die Grössen $\frac{dn}{dv}$ und $\frac{dn}{dt}$ nur für unerheblich zu halten, da bei einer bedeutenden Veränderlichkeit der Anzahl der Molecüle in der Flüssigkeit die Ausdehnung der letzteren schwerlich so allmälig und regelmässig vor sich gehen würde, als der Fall ist. Alsdann haben wir

$$v - x < \text{ oder nahezu } = v \frac{\alpha T}{1 + 2\alpha T} = 0{,}0451\, v.$$

Das Zwischenvolumen des Quecksilbers bei 0^0 ist also gleich 0,0451 oder ungefähr $^1/_{22}$ des ganzen Volumens. Da letzteres 0,0735 Kubikcentimeter pro Gramm beträgt, so ist das Zwischenvolumen eines Gramms Quecksilber $\frac{0{,}0735}{22} = 0{,}00332$ Kubik-

centimeter. In diesem Zwischenvolumen übt die Wärme nach Obigem einen Druck von nahezu 16 827 Atmosphären aus; berechnet man nun das einem solchen Drucke entsprechende Zwischenvolumen für ein Gramm Wasserstoff, so ergeben sich dafür 0,6675 Kubikcentimeter. Bei gleichem Druck und gleicher Temperatur ist also das Zwischenvolumen des flüssigen Quecksilbers noch nicht $^1/_{200}$ desjenigen einer gleichen Menge Wasserstoffgas, so dass 200 Gramm Quecksilbermolecüle kaum denselben Raum zwischen sich lassen, wie ein Gramm Wasserstoffmolecüle. Wenden wir nun auf diesen Fall das nach dem Zwischenvolumengesetz modificirte Avogadrosche Gesetz an, so gelangen wir zu der Folgerung, dass in 200 Gramm Quecksilber höchstens soviel Molecüle enthalten sind, wie in 1 Gramm Wasserstoff, also das Moleculargewicht des Quecksilbers mindestens 200 mal so gross ist wie das des Wasserstoffs. Verbinden wir hiemit die chemische Thatsache, dass die Atomgewichte dieser beiden Stoffe sich wie 200 zu 1 verhalten, so ergiebt sich, dass, da das Wasserstoffmolecül aus zwei Atomen besteht, auch das Quecksilbermolecül nicht weniger enthalten kann. Bekanntlich sind die Molecüle des Quecksilbers im Gaszustand, wenigstens bei Temperaturen über 400°, einatomig. Letzteres hat man aus der mit Wasserstoff von gleicher Temperatur und Spannung verglichenen Dichtigkeit seines Dampfes, die sich ungefähr gleich 100 ergab, gefolgert; unsere neue Methode der Behandlung der Zustandsgleichung, d. h. der auf Flüssigkeiten und feste Körper erweiterten drei Gasgesetze setzt uns aber sichtlich in den Stand, analoge Folgerungen auch für flüssige und feste Körper zu machen. Unsere Kenntniss der Constitution der Quecksilbermolecüle wird hiedurch dahin erweitert, dass wir wissen, sie seien im Flüssigkeitszustande zweiatomig.

6. Um uns nun auch eine Vorstellung von der Zusammensetzung der Molecüle fester Körper zu verschaffen, ist das Quecksilber nicht geeignet, da im festen Zustande weder sein Ausdehnungs- noch sein Compressibilitätscoefficient bestimmt worden ist. Ueberhaupt ist der letztere Coefficient mit Sicherheit nur beim Kupfer bekannt, da es für andere feste Körper an directen Messungen desselben fehlt. Beim Kupfer ist für eine Temperatur von 20°, also für $T = 294$, der Ausdehnungscoefficient $\alpha = 0{,}00004911$, der Compressibilitätscoefficient $\beta = 0{,}00000131$, die

Spannungszunahme für einen Grad also $\frac{\alpha}{\beta} = 37{,}5$ Atmosphären.

Hieraus berechnet sich $T\frac{dp}{dt}$ zu 11 025 Atmosphären, so dass der Cohäsionsdruck jedenfalls kleiner als 11024 Atmosphären ist. Das Verhältniss des Zwischenvolumens zum ganzen Volumen wird aus der Gleichung

$$\frac{v - x}{v} < \frac{0{,}00004911 \cdot 294}{1 + \eta \cdot 0{,}00004911 \cdot 294}$$

zu kleiner als 0,01404 gefunden, wenn man hier η wieder gleich 2 setzt; übrigens hat die Annahme eines etwas von 2 verschiedenen Werthes von η wenig Einfluss auf das Resultat. Das Zwischenvolumen macht also beim Kupfer noch nicht den 71sten Theil des ganzen Volumens aus; und da ein Gramm Kupfer einen Raum von 0,1126 Kubikcentimetern einnimmt, so kann sein Zwischenvolumen noch nicht 0,001582 Kubikcentimeter betragen. Berechnet man jetzt wieder das entsprechende Zwischenvolumen des Wasserstoffgases, so findet sich dasselbe für 20° und 11 025 Atmosphären Druck zu 1,08746 Kubikcentimetern, also 687,5 mal so gross. In derselben Weise, wie oben beim Quecksilber ausgeführt wurde, folgt hieraus, dass das Moleculargewicht des festen Kupfers mindestens das 687,5fache des Wasserstoffs, also mindestens gleich 1375 ist; da aber andererseits das Atomgewicht des Kupfers nur 63 beträgt, so müssen die Kupfermolecüle durchschnittlich aus wenigstens $\frac{1375}{63}$ = ungefähr 22 Atomen bestehen.

In der nämlichen Weise, wie eben beim Kupfer stattfand, ist eine derartige Berechnung für andere feste Körper nicht mehr ausführbar, weil wir, wie gesagt, ihre Compressibilitätscoefficienten nicht kennen. Indessen weiss man wenigstens soviel, dass der kubische Compressibilitätscoefficient eines festen Körpers nicht kleiner als dessen linearer Dilatationscoefficient beim Zuge (der reciproke Werth des sogenannten Elasticitätscoefficienten) sein kann. Es lassen sich daher auch in den Fällen, wo nur dieser Coefficient bekannt ist, nämlich bei den hauptsächlichsten Metallen, Maximalwerthe für den Cohäsionsdruck und damit Minimalwerthe für die Anzahl der zum Molecül vereinigten Atome angeben. Bezeichnet man den linearen Dilatationscoeffi-

cienten beim Ausziehen mit γ, so ist γ kleiner als β, also $T\frac{\alpha}{\beta}$ kleiner als $T\frac{\alpha}{\gamma}$, und da gleichzeitig $p + z$ kleiner als $T\frac{\alpha}{\beta}$ und $v - x$ kleiner als $\frac{v\,\alpha\,T}{1 + \eta\,\alpha\,T}$ ist, so muss das Product $(p + z)\,(v - x)$, also auch der gleichwerthige Ausdruck $bn\,T$, kleiner als $T\frac{\alpha}{\gamma}\,\frac{v\,\alpha\,T}{1 + \eta\,\alpha\,T}$ sein. Hieraus folgt

$$bn < \frac{v\,\alpha^2\,T}{\gamma\,(1 + \eta\,\alpha\,T)}.$$

Bezeichnet man nun mit m die in Frage kommende, beliebig wählbare Quantität des Stoffes, so ist $\frac{m}{n} = \mu$ die jedem einzelnen Molecül zukommende Masse oder, falls es sich um ungleichartig zusammengesetzte Molecüle handelte, die durchschnittliche Masse eines Molecüls. Ist ferner λ die Masse eines Atoms Wasserstoff, so bezeichnet $\frac{\mu}{\lambda} = M$ das relative und schlechtweg sogenannte Moleculargewicht. Wir können daher, da $n = \frac{m}{\mu}$ und $\mu = M\lambda$ ist, für n den gleichwerthigen Ausdruck $\frac{m}{M\lambda}$ substituiren. Dadurch nimmt unsere letzte Gleichung die Gestalt

$$\frac{b\,m}{M\lambda} < \frac{v\,\alpha^2\,T}{\gamma\,(1 + \eta\,\alpha\,T)}$$

an. Bezeichnet ferner A das Atomgewicht und ν die Anzahl der Atome im Molecül, so wird $M = A\,\nu$, und wenn man diesen Ausdruck in unsere Gleichung einsetzt und ν daraus entwickelt, so ergiebt sich

$$\nu > \frac{b\,m\,\gamma\,(1 + \eta\,\alpha\,T)}{A\,\lambda\,v\,\alpha^2\,T}$$

Es ist nun aber $\frac{b}{\lambda} = R\,M$, und da die Grösse R des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes aus den Experimenten sich zu $\frac{81{,}56}{M}$ ergiebt, so ist $\frac{b}{\lambda} = 81{,}56$ zu setzen. Mit der Dichtigkeit δ identisch ist $\frac{m}{v}$, also hat man schliesslich

$$\nu > \frac{81{,}56}{A}\ \delta\ \frac{\gamma}{\alpha^2}\left(\frac{1}{T} + \eta\alpha\right).$$

Da wir nun bei einer ziemlichen Anzahl einfacher fester Körper den Coefficienten γ, überdies das Atomgewicht A, das specifische Gewicht δ und den Ausdehnungscoefficienten α kennen, η aber gleich 2 setzen oder in diesen Fällen sogar vernachlässigen können, so steht der Berechnung eines Minimums für die Atomzahl ν im Molecül nichts entgegen. Um ein zu weit in Einzelheiten abführendes näheres Eingehen auf diese Rechnung, zu welcher der Leser die Daten in jedem Lehr- oder Handbuch der Physik finden kann, zu vermeiden, theilen wir nur mit, dass die Anzahl der Atome im Molecül stets mehr als ein Dutzend beträgt, bei Gold und Platin sogar dreissig bis vierzig übersteigen muss.

Zum Schluss dieser Nummer sei noch einmal auf das in der vorangehenden behandelte Quecksilberbeispiel zurückgewiesen, um daran die Erweiterung der drei Gasgesetze auf Nichtgase zahlenmässig zu veranschaulichen, wobei wir der rechnungsgemässen Uebersichtlichkeit wegen nur runde Zahlen in Anschlag bringen werden. Das Zwischenvolumen des Quecksilbers ist $\frac{1}{22}$; wird der äussere Druck von 1 auf 2 Atmosphären erhöht, so wird es um $\frac{1}{340000}$ des ganzen Volumens, also um $\frac{22}{340000} = \frac{1}{15455}$ seiner eignen Ausdehnung kleiner. Der Cohäsionsdruck von 17000 Atmosphären steigt hiebei um $\frac{\eta}{340000}$ seines Werthes, d. h., wenn wir $\eta = 2$ setzen, um $\frac{17000.2}{340000} = \frac{1}{10}$ Atmosphäre. Es steigt also durch die Compression p um eine, z um ein Zehntel einer Atmosphäre; der Wärmedruck π muss also, soll er p und z das Gleichgewicht halten, um $1^1/_{10}$ Atmosphären grösser werden. Da er ursprünglich 17001 Atmosphären betrug, so steigt er also um $\frac{1}{15455}$. Um die gleiche Quote nimmt aber, wie gesagt, das Zwischenvolumen ab, und wenn zwei Grössen um gleiche Quoten in entgegengesetztem Sinne sich verändern, so sind sie offenbar einander umgekehrt proportional. Diese

umgekehrte Proportionalität von Zwischenvolumen und Wärmedruck ist nun, wie in diesem Capitel bereits hervorgehoben wurde, das Analogon des Mariotteschen Gesetzes oder vielmehr das verbesserte Mariottesche Gesetz selbst.

Die Ausdehnung des Quecksilbers ist, wenn man sie auf das ganze Volumen bezieht, nur $\frac{1}{5500}$ für jeden Temperaturgrad, also noch nicht $^1/_{20}$ der Gasausdehnung, und hierin scheint sich zunächst keine Spur des Gay-Lussacschen Gesetzes zu verrathen. Bezieht man aber die Ausdehnung auf das Zwischenvolumen, welches den 22sten Theil des ganzen Volumens ausmacht, so stellt sie sich als verhältnissmässig 22mal so gross dar, als wenn sie als Quote des ganzen Volumens angegeben wird; sie ist demnach gleich $\frac{22}{5500}$ oder $\frac{1}{250}$. Das Zwischenvolumen des flüssigen Quecksilbers dehnt sich also bei constantem äusseren Drucke um ungefähr ebensoviel durch Erwärmung aus, wie ein Gas; dass sein Ausdehnungscoefficient nicht genau $\frac{1}{274}$ ist, sondern etwas grösser erscheint, hat seinen Grund in der durch die Volumenvergrösserung bewirkten Verminderung des innern Zuges der Molecüle, die natürlich eine entsprechende Mehrausdehnung zur Folge hat.

Die andere Gestalt des Gay-Lussacschen Gesetzes, welche die Spannungszunahme bei constantem Volumen betrifft, und wonach der Spannungscoefficient bei allen Gasen stets dieselbe Grösse hat oder die Spannung genau der absoluten Temperatur proportional ist, muss auch für alle Körper, bei denen Aenderungen der Molecülzahl und des Molecülvolumens als nicht vorhanden oder als unerheblich nicht in Anschlag zu bringen sind, wie dies in unserm Quecksilberbeispiel der Fall ist, uneingeschränkte Geltung finden, sobald man für die Spannung den Wärmedruck π in Rechnung zieht. Beim Quecksilber folgt aus der Art, wie wir die circa 17000 Atmosphären für π berechnet haben, ohne Weiteres, dass die 61 Atmosphären Spannungszunahme für jeden Grad Temperaturerhöhung bei constantem Volumen, der 274ste Theil davon sind. Der auf den Wärmedruck bezogene Spannungscoefficient des Quecksilbers ist also derselbe wie bei den Gasen.

Hiemit ist dargelegt, dass und in welchem Sinne die Gesetze Mariottes und Gay-Lussacs auch für Nichtgase gelten. Der Satz, dass bei gleicher Temperatur und gleichem Wärmedruck zu demselben Zwischenvolumen gleichviel Quecksilbermolecüle gehören, war die Grundlage des Raisonnements in der vorigen Nummer, durch welches die Zweiatomigkeit des flüssigen Quecksilbers nachgewiesen wurde, und wodurch ein veranschaulichendes Beispiel für die Anwendung des dritten Gasgesetzes, des Avogadroschen, auf Körper jedweden Aggregatzustandes bereits gegeben worden ist. Auch bei festen Körpern, wie beim Kupfer, haben wir oben das Avogadrosche Gesetz in Anwendung gebracht; die beiden andern Gasgesetze finden daselbst ganz in der nämlichen Weise statt, wie im Falle des Quecksilbers, so dass eine speciellere Befassung damit hier überflüssig ist.

7. Die in der vorigen Nummer berechnete Formel für ein Minimum der molecularen Atomzahl bei einfachen festen Körpern findet auch auf Flüssigkeiten Anwendung, wobei natürlich γ wieder durch β zu ersetzen ist; ausserdem ist sie für zusammengesetzte Stoffe brauchbar, wenn in ihr an Stelle des Atomgewichts A das einfachste Moleculargewicht gesetzt und unter ν die Zahl der zu einem Polymolecül vereinigten einfachen Molecüle verstanden wird (hinsichtlich dieser Molecülvervielfachung sei auf Cap. 2 Nr. 9 und Cap. 5 Nr. 3 zurückgewiesen). Die Gültigkeit jener Annäherungsformel ist, wie sich aus der Art ihrer Ableitung ersehen lässt, eigentlich nur insoweit begrenzt, als z gegen p nicht mehr überaus gross bleibt. Für feste und flüssige Körper ist nun der Cohäsionsdruck z sehr gross und ein äusserer Druck von einer Atmosphäre dagegen relativ unerheblich. Nichtsdestoweniger müssen wir uns mit den oben gegebenen Resultaten hinsichtlich des Quecksilbers, Kupfers und einiger anderer festen Metalle begnügen. Wir können unsere Formel für die moleculare Atomzahl bei andern festen Körpern nicht mehr anwenden, weil wir über deren Compressibilitätscoefficienten nichts wissen; auf andere Flüssigkeiten mit bekanntem Compressibilitätscoefficienten darum nicht, weil die Veränderlichkeit von n und x grade bei diesen sich so erheblich gestaltet, dass ein Minimum für die Anzahl der zum Polymolecül vereinigten Molecüle nicht zu ermitteln ist.

Die Wichtigkeit unserer Methode und ihrer Ergebnisse ist

indessen wegen derartiger, meist nur im Mangel an Experimentenmaterial begründeter Beschränkungen ihres Anwendungsgebiets nicht zu unterschätzen. Sie hat uns Resultate geliefert, deren Auffindungsmöglichkeit bisher fast nicht geahnt werden konnte. Mit der grössten Wahrscheinlichkeit ist ein bis dahin unausführbarer Schluss auf die Zweiatomigkeit der Molecüle des flüssigen Quecksilbers unter gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen gemacht worden. Fast noch wichtiger ist die Constatirung der Thatsache, dass die Molecüle der festen Körper aus Dutzenden von Atomen bestehen. Früher hatte man in dieser Beziehung nur dunkle Ideen darüber, dass in Flüssigkeiten und festen Körpern die Molecüle, anstatt wie bei den Gasen gleichförmig zerstreut, zu grössern Gruppen vereinigt seien, ohne dass man davon quantitativ bestimmte Vorstellungen, geschweige solche mit thatsächlicher Grundlage, hätte fassen können. Wir aber haben die Theorie der Molecülvereinigung nicht nur, im Gegensatze zu der bisherigen Physik, zur Erklärung der scheinbaren Abweichungen der Gase von den Gasgesetzen (schon in der ersten Folge dieser Schrift) und zur Erweiterung der letzteren auf Körper überhaupt benutzt, sondern sind auch, und, wie man gesehen hat, mit Erfolg, an die Berechnung des Grades dieser Molecülvereinigung in den verschiedenen Aggregatzuständen gegangen.

Um nun schliesslich noch die allgemeinen Ideen, welche in diesem Capitel leitend waren, mit einigen besondern Umständen der Ergebnisse in Beziehung zu setzen und einen noch weitern Ausblick zu eröffnen, sei noch einiges Charakteristische angedeutet. Wir haben uns hier auf keine Wärmemengen berufen, sondern Alles ausschliesslich statisch begründet. Hiefür sei noch besonders auf die Gleichungsbeziehung zwischen den Grössen π und $T\frac{dp}{dt}$ hingewiesen, die ihre statische Bedeutung dadurch nicht verliert, dass die genaue Gleichung, wie gezeigt, die Form $\pi\ (1 + \varepsilon) = T\frac{dp}{dt}$ haben muss; denn diese Form ergiebt sich aus den obigen Differenzirungen unserer Zustandsgleichung, wenn man die Grösse $\frac{T}{n}\frac{dn}{dt} + \frac{T}{(v - x)^2}\frac{dx}{dt}$ mit ε bezeichnet. Nebenbei bemerkt, ist πdv die Arbeit des Wärmedrucks gegen Cohäsionszug und äussern Druck; dagegen $\varepsilon\pi dv$ ein Rest der latenten

Ausdehnungswärme in Kraftmaass, der sich auf die Veränderung des Molecülvolumens und der Molecülzahl bezieht.

Wir betonten soeben die rein statische Begründung aller Schlüsse und die Abstraction von jedem Umweg durch Wärmemengen. In der That ist eine solche Haltung der Raisonnements möglich, wenn man die Temperatur als statisch entscheidendes Element vor Augen hat. Es hat sich also hier unsere Auffassung der Temperatur als Spannungsfactors fruchtbar erwiesen. Wir hätten denselben Gedanken auch dahin ausdrücken können, die Temperatur sei Factor eines Spannungsraumes, d. h. analytisch geredet, eines Products von Wärmedruck und Zwischenvolumen. Unsere Constante b ist demnach die einem Grad entsprechende Veränderung des zu einem einzelnen Molecül gehörenden Spannungsraumes. Beiläufig sei noch bemerkt, dass die absolute Temperatur bei uns nicht die Rolle eines problematischen Begriffes spielt, sondern zunächst nichts weiter darstellt als $t + \frac{1}{\alpha}$, also eine Rechnungsfunction des Ausdehnungscoefficienten im Grenzzustande der Gase. Ueberdies haben aber eben unsere Aufschlüsse über den entsprechenden Gang des Spannungsvolumens in den andern Aggregatzuständen anschaulich gezeigt, wie sich auch hier der fragliche Coefficient wiederfindet, und wie daher die Temperatur überall, wie weit man sie auch nach unten verfolgen möge, in jedem ihrer Grade die nämliche Zusatzquote zum Spannungsraum anzeigt. Hätten wir aber nicht immer die klare Beziehung der ursprünglich doch nur fingirten Gesammtscala aller Temperatur vor Augen gehabt und uns nicht im Sinne einer Bemerkung des vierten Capitels, die gegen die modische Ungediegenheit eines schablonenartigen und maschinenhaften Gebrauchs der absoluten Temperatur gerichtet war, Gründlichkeit und stets erneutes Zurückgehen auf die Ausdehnungscoefficienten zur Regel gemacht, so würden wir schwerlich dazu gelangt sein, aus den Gasgesetzen Gesetze für alle Aggregatzustände zu machen.

Wenn wir die Ausdehnung auf alle Aggregatzustände als Charakteristicum für die Tragweite unserer Zustandsgleichung hervorgehoben haben, so sind wir hiemit in Bezug auf die ganze Tragweite noch hinter den sich weiter eröffnenden Anwendungen zurückgeblieben. Wenigstens sind die drei Aggregatzustände nicht die sämmtlichen Zustände, die unter die statische Grund-

gleichung gehören. Allein da wir uns mit diesen andern Zuständen, wie namentlich mit den verschiedenen Allotropien, hier noch nicht befassen wollten, so haben wir den specielleren Ausdruck des allgemeinen Sachverhalts für hinreichend gehalten. Ein neues umfassendes Anwendungsgebiet aber, nämlich das der chemischen Verbindungen überhaupt, darf hier nicht gänzlich unerwähnt und unerläutert bleiben, zumal die allergewöhnlichsten Umwandlungen hier formell klare Beispiele liefern. Es ist noch Niemandem eingefallen, das Knallgas und den daraus gebildeten Wasserdampf unter einer gemeinschaftlichen statischen Gleichung zu befassen, wie man denn überhaupt bezüglich chemischer Vorgänge noch nicht daran gedacht hat, die Zustände, die ineinander übergehen, auch nur jeden für sich allein durch mechanische Gleichungen zu kennzeichnen und alsdann zu vergleichen. Unsere Zustandsgleichung $\pi u = b n T$ passt nun beispielsweise für Knallgas und für den durch die chemische Verbindung daraus gewonnenen Wasserdampf; denn die fragliche Zustandsveränderung wird dadurch angezeigt, dass für den Wasserdampf der Werth der Veränderlichen n zwei Drittel ihres Werths im Knallgase ist. Wasserstoff und Sauerstoff vor und nach ihrer Verbindung stellen zwei statische Zustände der Atomgruppen dar, und man kann die einheitliche Beziehung dieser beiden Zustände formell noch dadurch hervorheben, dass man in unsere allgemeine Zustandsgleichung an Stelle von n das Product ϑN setzt, in welchem N die constante Anzahl aller Atome, ϑ aber einen echten Bruch bezeichnet, den man den Reductionsfactor der Atomzahl nennen könnte. Hienach erhielte die allgemeine Grundgleichung $\pi u = b N \vartheta T$ für Knallgas den besondern Werth $\pi u = \frac{1}{2} b N T$ und für Wasserdampf den Werth $\pi u = \frac{1}{3} b N T$. Es versteht sich, dass bei Individualisirung unseres Beispiels für die bei den gewöhnlichen Experimenten üblichen Drucke und Temperaturen an Stelle von πu mit hinreichender Annäherung $p v$ gesetzt werden kann. Die strengere Gleichung schlägt aber die Brücke in allen denkbaren Zuständen, also nicht blos zum Wasserdampf, sondern auch zum Wasser.

Die materielle und ganze Wichtigkeit der chemisch-statischen Grundgleichung, deren Sinn hier zunächst über die an sich bekannte Thatsache der Reduction der Atomzahl und der zuge-

hörigen Avogadroschen Consequenz hinaus nur eine formelle Verbesserung und Erweiterung einschliesst, kann erst hervortreten, wenn zu weiteren Combinationen übergegangen wird. Aehnlich verhält es sich auch mit der Fruchtbarkeit unserer universellen Zustandsgleichung überhaupt, sobald man das speciellere Gebiet der Chemie und einer chemischen Physik wieder mit demjenigen der allgemeineren Physik vertauscht. Besonders ist es die neue Constante, die sich als folgenreich zu erweisen und noch eine weitere Function und Bedeutung zu beanspruchen hat, als mit deren Angabe wir uns für den Stoff dieses Heftes haben begnügen müssen.

Was wir in den ersten vier Capiteln 1878 veröffentlicht haben, ist nun inzwischen in solchem Grade die Ursache von allerlei erwünschten und unerwünschten Wellenspielen der jüngsten Phase der Physik und ihrer physikalisch-chemischen Literatur geworden, dass uns vor allem Uebrigen für den diesmaligen Schluss, in den nächsten Capiteln wiederum die Aufgabe erwächst, die innern Angelegenheiten der Wissenschaft auch durch deren äussere Schicksale und Verhältnisse zu beleuchten.

Elftes Capitel.

Wendungen und Entwendungen in der durch die neuen Grundgesetze angeregten Physik.

1. Als wir am Ende der ersten Folge der neuen Grundgesetze die Verbreitungschancen neuer Wahrheiten und die zugehörigen Schicksale ihrer Vertreter mit den frischesten Hauptthatsachen und zu einem erheblichen Theil auch verhüllt gebliebene Vorkommnisse aus der jüngsten Zeit ans Licht zogen, war es hauptsächlich eine fremde Entdeckung und die zugehörige Persönlichkeit, für die wir eintraten. Diesmal ist es auch in der Physik unmittelbar unser Eignes, was zum Gegenstande von Verhaltungsarten der Gelehrten geworden ist, die verdienen, als ein kennzeichnendes Ganze in vollster Oeffentlichkeit ausgestellt zu werden. Das erste Mal war es die Sympathie für die grosse Leistung Robert Mayers und das Gefühl gegen die an diesem fortdauernd verübte Ungerechtigkeit, wodurch der ältere Verfasser der vorliegenden Schrift in die Lage gekommen war, wie sonst überall so auch in diesem Fall, mit seiner Existenz einzutreten, um das Recht wahrer Forscher nicht von Holzpuppen und blossen Komödianten der Wissenschaft eskamotiren zu lassen. Als wir damals schrieben, waren wir also persönlich nur mittelbar durch die Opfer betheiligt, die wir der Sache gebracht hatten und ausserdem nur im Allgemeinen durch den Geist, in welchem von uns nicht etwa blos die Mechanik, sondern auch andere Wissenschaften im Gegensatz zu den Manieren und Praktiken der Handwerksgelehrten gepflegt worden waren.

Seitdem hat sich nun das Bild specialisirt, und die Sachführung, die ehedem den Schicksalen des mechanischen Aequivalents der Wärme galt und sicherlich nachhaltig in allen

Richtungen und sogar in einer besondern Schrift über den Entdecker vertreten worden ist, hat nun auf verwandte Angelegenheiten des eignen Forschungs- und Auffindungsgebiets überzugehen. Wir haben an uns zwar glücklicherweise nicht ganz dieselben, aber doch ähnliche Erfahrungen gemacht, wie nach seiner Art von Maassstab einst der Heilbronner Forscher. Die unserigen haben sich aber noch etwas sprechender gestalten müssen, weil wir von vornherein einigermaassen darauf gefasst waren und die Vorkommnisse, wie sie sich ereigneten, auch sofort gebührend taxirten. Eine nähere Auseinandersetzung dieser Vorkommnisse muss den Abdruck von Schriftstücken einschliessen, in denen Beiträge zum wissenschaftlichen Gehalt, ja theilweise nicht unerhebliche Tabellen enthalten sind, die wir ohnedies dem vorliegenden Heft einzufügen hätten. Hieraus folgt, dass die weiteren Ausführungen dieses Capitels mindestens ebensosehr den Sinn der wissenschaftlichen Thatsachen als die Rechte an ihnen zum Gegenstande haben. Eine ähnliche Combination lag ja auch schon dem vierten Capitel zu Grunde, und wird sich überhaupt fast in allen Fällen von selbst ergeben, wo es gilt, Entdeckungen und Auffindungen ihrem Gehalt nach zu kennzeichnen, von spätern Entstellungen zu unterscheiden und gegen Plagiate sicherzustellen.

So widerlich an sich das Gebiet von Betrug und Unrecht ist, und so lästig die Wahrnehmung des Schutzes dagegen Demjenigen fällt, der die Mühe und Unannehmlichkeit davon hat, so gewinnen doch bei dem unvermeidlichen Uebel die Wissenschaft und das Publicum wenigstens insofern, als nicht nur die Rechtssicherheit der Forschung mit den Blosstellungen der Vergehen ein wenig wächst, sondern auch das Unterscheidungsvermögen zwischen den echten und ursprünglichen Erzeugnissen der Wahrheiten einerseits und deren Nachahmungen, Mischungen und Fälschungen andererseits erheblich gesteigert wird. Letztere Frucht hat sich auf das, was wir früher unternahmen, schon merklich eingestellt; denn beispielsweise sind die Unterschiebungen und Verwechselungen blossen Gefasels über Krafterhaltung mit dem klaren Satz von einem bestimmten Wärmeäquivalent nicht mehr ins Gesicht des Publicums so prakticabel geblieben wie ehedem. Auch hat überhaupt unsere allgemeine Beleuchtung der verschiedenen Verzerrungen der Wärmemechanik bereits eine sichtliche Wirkung gehabt, und so dürfen wir von

unserer diesmaligen Kritik wohl auch in nicht allzu langer Frist erwarten, dass sie die Lage noch mehr kläre und den positiven Mitteln, die wir für die Fortschritte von Physik und Chemie geboten haben, durch Schärfung des Sinnes für die nothwendigen Unterscheidungen Vorschub leiste.

In der kurzen Ausführung, die dem sich am Ende unserer Bücher befindenden Schriftenverzeichniss beigegeben und auch zu der vorliegenden Schrift abgedruckt ist, sind einige Hauptpunkte der Plagiaterfahrungen zusammengefasst, die wir mit der ersten Folge der „Neuen Grundgesetze“ gemacht haben. Was wir in diesem Capitel weiter beibringen, dient theilweise zur Erläuterung und Ergänzung jener gedrängten und auch dem nicht speciell physikalischen Publicum nicht gleichgültig gebliebenen Mittheilung. Letztere betrachten wir daher wie eine in Bezug zu nehmende Anlage dieses Capitels. Auch sei hier an Alles erinnert, was im Laufe der vorangehenden Capitel, namentlich aber Seitens des jüngern Verfassers im sechsten, im unmittelbaren Zusammenhange mit einzelnen Gesetzen, gegenüber Entwendern, Entstellern und Anfechtern zur Sprache gebracht worden.

Zu jenen für das Einzelne gültigen Darlegungen fehlt aber, abgesehen von andern Einzelheiten, die im dortigen Zusammenhange gar nicht oder nicht ausführlich und charakteristisch genug Platz finden konnten, noch ein Leitfaden für die Gesammtheit des Verhaltens. In der That bilden die Erscheinungen, die durch unsere erste Folge der Grundgesetze inzwischen hervorgerufen sind, ein Ganzes von zusammenhängenden Zügen. Es sind darin die verschiedensten Wendungen und Manieren vertreten gewesen, die aber sämmtlich von einer allgemeinen Anregung zeugen. Erst Plagiate von gemeinerem Schlage, dann ein Wettlauf mit dem Ziele, die beneideten Aufschlüsse dem Publicum aus dem Gesicht zu rücken oder gradezu zu unterschlagen, sei es vermittelst ausschliesslicher Auftischung eigner Contrefaçons oder durch Darbietung zusammengesetzterer Mixturen, — das sind die Stadien gewesen, in denen sich die Rückwirkung der Handwerksgelehrten gegen unsere Schrift vornehmlich kundgethan hat. Daneben sind dann noch verschiedene kleinere und grössere Schriften von den gegnerischen Machern angestiftet und auf den Markt poussirt worden, die den Beruf hatten, bei dem Publicum indirect und unter gänzlichem

oder fast gänzlichem Stillschweigen über uns den Schein einer Bedeutungslosigkeit unserer Veröffentlichung zu erregen. Dabei wurden nicht nur Kleinigkeiten von Antecedentien literarisch aufgefrischt und so ausgegeben, als wenn ein Procentchen das ganze Hundert wäre, sondern es wurden auch ganz unwissenschaftliche Machwerke zum Sprachrohr gewählt, um in der so producirten Verwirrung den Sinn und hiemit die thatsächliche Lösung der Probleme vor dem der Specialität unkundigen Publicum ignorant zu verrücken. Nach Alledem und Angesichts solcher Winkelzüge ist ein systematisches Hineinleuchten in die Schlupfwinkel nothwendig, und die verschiedenen Gebahrungsarten müssen als einheitliche Ausläufer desselben Rattenkönigs von gelehrter Missgunst, Gier und Impotenz auch zu einem einheitlichen Bilde vereinigt werden.

2. Wir wollen hier auch dann die Zeitfolge der Vorkommnisse zur Richtschnur der Darstellung nehmen, wenn uns diese Vorkommnisse auch bisweilen in umgekehrter Reihenfolge bekannt wurden. So erfuhren wir erst später von der Präsentation eines Theils des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen bei der Münchener Akademie, nachdem wir schon die Annexion des Ganzen bemerkt hatten, zu der eben der fragliche Protégé der Akademie in seiner Abhandlung in den Annalen der Physik fortgeschritten war. Indem wir nun hier das über diesen Fall am Ende des Schriftenverzeichnisses und in Nr. 1 des 6. Capitels Gesagte in Bezug nehmen, lassen wir hier zunächst die Reclamation des Jüngern von uns folgen, die, wie der Leser sehen wird, sich auf kühle sachliche Ausführungen beschränkt, deren Aufnahme aber dennoch verweigert wurde.

Reclamation eines von Herrn Winkelmann als das seinige mitgetheilten Gesetzes der Spannkräfte des gesättigten Wasserdampfes; von Ulrich Dühring.

In der Sitzung der mathematisch-physikalischen Classe der Münchener Akademie vom 7. Juni 1879 wurde eine Abhandlung des Herrn A. Winkelmann über das Gesetz der Spannkräfte des gesättigten Wasserdampfes vorgelegt und in den Berichten S. 371 fg. zum Abdruck gebracht, in der jener behauptete, ein Gesetz entdeckt zu haben, dessen Wortlaut folgender ist: „Wählt man Drucke des gesättigten Wasserdampfes derartig, dass die-

selben eine geometrische Reihe bilden, so bilden auch die den Drucken entsprechenden Temperaturen eine geometrische Reihe, wenn man zu jeder Temperatur Cels. die Zahl 100 addirt.“ Oder auch: „Zählt man die Temperaturen Cels. des gesättigten Wasserdampfes von der Temperatur —100°, so ist das Verhältniss zweier Temperaturen nur von dem Verhältniss der beiden entsprechenden Drucke und nicht von diesen Drucken selbst abhängig.“ Oder in Buchstaben

$$t_n = 200 \,.\, b^{log\, n} - 100.$$

Eine solche Beziehung habe aber ich schon vor zwei Jahren in den von meinem Vater herausgegebenen „Neuen Grundgesetzen zur rationellen Physik und Chemie, Leipzig, Fues Verlag, 1878“ als nebensächliche Folgerung meines allgemeinen Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen veröffentlicht. Aus letzterem Gesetz ergab sich nämlich zunächst für jede Flüssigkeit die Existenz einer bestimmten Temperatur, bei welcher der Druck ihres Dampfes 0 wird, d. h. die Verdampfung aufhört, welchen Temperaturpunkt ich in der angeführten Schrift unter dem Namen der Verdampfungsgrenze eingeführt und als einen wichtigen Ausgangspunkt der Zählung und Rechnung zum ersten Mal und für verschiedene Stoffe, einschliesslich des Wassers, in Zahlen angegeben habe. Alsdann wurde von mir bewiesen, wie das Verhältniss zweier von der Verdampfungsgrenze abgerechneten Siedetemperaturen s' und s nur von dem Verhältniss der entsprechenden Drucke p' und p, aber nicht von der Natur der Flüssigkeit abhänge, so dass man dieses Verhältniss etwa durch eine Formel von der Gestalt $\frac{p'}{p} = \left(\frac{s'}{s}\right)^y$ darstellen könne. Auf S. 92 der erwähnten Schrift meines Vaters heisst es in dieser Beziehung wörtlich: „Obwohl die eben skizzirte Theorie von grosser Tragweite ist, so verzichten wir doch für jetzt auf ein weiteres Eingehen, um die Fruchtbarkeit unserer Lehre von einer Verdampfungsgrenze in einer neuen Anwendung zu zeigen. Es ist nämlich der Quotient aus zwei beliebigen, von der Verdampfungsgrenze gerechneten Temperaturen von einem Stoff zum andern nicht veränderlich, weil sich der specifische Factor in dem fraglichen Bruch hebt. Wir haben also in diesem Quotienten eine abstracte Zahl, die für den zugehörigen Spannungsquotienten bei allen Substanzen gleich ist. Der Spannungs-

quotient $\frac{p'}{p}$ ist also eine von der Natur des Stoffes nicht weiter abhängige Function des Quotienten $\frac{t' + b}{t + b}$, wenn t und t' die bei irgend einem Stoff zu den Spannungen p' und p gehörigen Temperaturen bezeichnen und $— b$ die Verdampfungsgrenze dieses Stoffes ist. Nennen wir der Kürze wegen die von den Verdampfungsgrenzen gezählten Temperaturen s' und s, so können wir $\frac{p'}{p} = \left(\frac{s'}{s}\right)^y$ setzen, wobei y sich mit p und p' verändert, aber für alle Substanzen immer dasselbe ist.“ Die hier schon gegebene Formel unterscheidet sich nun von dem von Herrn Winkelmann als das seinige mitgetheilten Gesetz nur dadurch, dass ich y, der Erfahrung gemäss, mit Recht nicht ganz constant gesetzt habe. Wird aber y, wie dies bei mittleren Drucken, aber freilich nur annähernd, nach den Thatsachen allenfalls angeht, von p und p' unabhängig gesetzt, so geht meine Formel in das Winkelmannsche sogenannte Gesetz über; denn wählt man nach jener Formel die Werthe von s, d. h. die Werthe der von der Verdampfungsgrenze ab gezählten Siedetemperaturen so, dass dieselben eine geometrische Reihe bilden, so bilden offenbar auch die entsprechenden Drucke eine geometrische Reihe, deren Quotient die $y$te Potenz des Exponenten der ersteren Reihe ist. Nimmt man nämlich für s' nacheinander die Werthe s, as, a^2s, a^3s . . . . ., so sind nach meiner Formel die entsprechenden Werthe von p' folgende: p, $a^y p$, $a^{2y} p$, $a^{3y} p$ . . . . Beide Werthfolgen sind, wie man sieht, geometrische Reihen, die eine mit dem Exponenten a, die andere mit dem Exponenten a^y, und so ist ersichtlich, wie die oben angegebene Formulirung des Herrn Winkelmann nur eine andere Ausdrucksweise für meine eigne Formel ist. Vollends sind nun die $— 100^0$, von denen aus Herr Winkelmann gleich im Eingange seiner Abhandlung bei dem Wasser zählt und die er dort als willkürliche Zahl ohne jede Motivirung als für seine Gesetzesformel passend auftreten lässt, nichts Anderes, als die von mir S. 89 und 93 der angeführten Schrift berechnete Verdampfungsgrenze des Wassers, nur erwähnt sie Herr Winkelmann grade da nicht, wo er von ihr den wesentlichen Gebrauch macht und führt sie gelegentlich nur da an, wo dem Leser der Gedanke an einen Zusammenhang mit seiner Gesetzesformel aus dem Auge gerückt ist.

Die Buchstabenformulirung des Winkelmannschen Gesetzes ist ebenfalls mit meiner Formel wesentlich einerlei. Setzt man nämlich in letzterer $s = 200^0$ und $p = 760_{\text{mm}}$ und schreibt nach der Bezeichnungsweise des Herrn Winkelmann $100 + t_n$ für s', n für $\frac{p'}{760}$ und $\frac{1}{log\ b}$ für y, so wird aus $\frac{p'}{p} = \left(\frac{s'}{s}\right)^y$ die Gleichung

$$n = \left(\frac{100 + t_n}{200}\right)^{\frac{1}{log\ b}},$$

woraus sich $t_n = 200\ n^{log\ b} - 100$ ergiebt. Formt man hierin $n^{log\ b}$ in $b^{log\ n}$ um, so erhält man die oben erwähnte Winkelmannsche Formel. Herr Winkelmann erwähnt aber in seiner Abhandlung nichts von meiner Formel, obwohl sie ihm zusammen mit meinen Darlegungen über mein Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen und über die Verdampfungsgrenze in der erwähnten Schrift meines Vaters bekannt geworden sein muss. In einer späteren Abhandlung im 9. Band von Wiedemanns Annalen, in der er auf denselben Gegenstand sehr ausführlich eingeht, ist Herr Winkelmann sogar schon dahin gelangt, nicht nur meine Verdampfungsgrenze wie eine ihm angehörige Auffindung ohne Anführung der Quelle zu gebrauchen, sondern auch überhaupt mein ganzes Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen erst in einem etwas veränderten Gewande mit einer kleinen, aber der Erfahrung widersprechenden Modification als das seinige vorzubringen und zugleich hinterher eben dieses mein Gesetz, als wäre es ganz etwas Anderes, dem Publicum als unwahr zu signalisiren. Da sich die durch Letzteres nöthig gewordene Reclamation in meinem Aufsatz „Zum Schutze des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen“ im 11. Bande von Wiedemanns Annalen der Physik S. 163 fg. bereits findet, so hatte ich jene erweiterte Angelegenheit nur um des Zusammenhangs willen zu erwähnen, in welchem das, was sich Herr Winkelmann in beiden Fällen zuschrieb, miteinander und mit meinen Arbeiten steht. Hier ist es genug, mit dem Obigen nachgewiesen zu haben, dass das an dieser Stelle fraglich gewordene Gesetz, welches Herr Winkelmann der Akademie als das seinige mitgetheilt hat, die Wiedergabe einer von mir vor nunmehr drittehalb Jahren als nebensächliche Folgerung aus meinem Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen veröffentlichten Formel gewesen ist.

Berlin, im Oktober 1880.

Die Münchener Akademie hat sich in ihrer Aufnahmeverweigerung als echtes Institut der Mönchestadt bewährt und sich dabei mit ihren schönen akademischen Eigenschaften sogar noch vor der französischen hervorgethan, die, wie nachher zur Sprache kommen wird, sich doch wenigstens zum Schein des Anstandes verpflichtet fühlte und eine Reclamation des Jüngern von uns gegen einen Franzosen in ihren Comptes Rendus, wenn auch nicht grade mit integren Abänderungen, veröffentlichte.

3. Die nachfolgend abgedruckte Einsendung an die zu Leipzig erscheinenden Annalen der Physik lehrt zugleich das Erforderliche über das in diesen Annalen Vorangegangene. Sie wurde von dem Herausgeber der Annalen (in Bd. XI, 1880) aufgenommen, aber erst nach längerem Unterhandeln und Handeln über die Abschwächung einiger allzu bestimmt und klar ausgefallener Sätze, die jedoch im gegenwärtigen Abdruck wieder hergestellt sind. Der Leser wird es nun würdigen können, wie auch einschliesslich dieser Sätze die Sprache des jüngern Verfassers bei Wahrung seiner Rechte von vornherein eine gehalten sachliche und nach der persönlichen Seite gemässigte gewesen. Auch war dem Aufsatz einiges neue Material einverleibt, welches nunmehr eine Ergänzung zu dem bildet, was in der ersten Folge der Grundgesetze gegeben worden.

Zum Schutze des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen; von Ulrich Dühring.

Im 9. Band dieser Annalen fand sich kürzlich ein Aufsatz bezüglich Druck, Temperatur und Dichte der gesättigten Dämpfe von A. Winkelmann, in dem S. 391 fg. das von mir aufgefundene Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen in geflissentlicher und ostensibler Weise als unrichtig angefochten wurde. Bei näherem Zusehen ergiebt sich jedoch, dass es mit dieser Unwahrerklärung meines Gesetzes eine sehr eigenthümliche Bewandtniss hat, die ich im Folgenden für jeden prüfenden Sachkenner aufdecken werde. Hiezu muss ich jedoch an das Gesetz selbst und an einige Folgerungen aus demselben erinnern, wie sie in den im Mai 1878 von meinem Vater veröffentlichten „Neuen Grundgesetzen zur rationellen Physik und Chemie“ auseinandergesetzt worden sind. Das fragliche Gesetz lautet: „Von den Siedepunkten beliebiger Substanzen, wie sie für

irgend einen für alle gemeinsamen Druck als Ausgangspunkte gegeben sein mögen, sind bis zu den Siedepunkten für irgend einen andern gemeinsamen Druck die Temperaturabstände sich gleich bleibende Vielfache voneinander.“ Oder in Buchstaben: Sind t_p und $t_{p'}$ die Siedepunkte einer Flüssigkeit bei den Drucken p und p', t_p und $t_{p'}$ die einer andern Flüssigkeit bei denselben Drucken p und p', so ist:

$$\frac{t_{p'} - t_p}{t_{p'} - t_p} = \frac{q'}{q'},$$

wo q und q' zwei den beiden Flüssigkeiten eigenthümliche Constanten sind, die ich in der angeführten Schrift unter dem Namen der specifischen Factoren eingeführt habe. Diese Factoren sind auf irgend eine beliebige Flüssigkeit als Einheit zu beziehen; wählt man, wie es ja auch bei der Dichtigkeit, der specifischen Wärme und andern derartigen Grössen üblich ist, das Wasser zur Einheit und bezeichnet den Siedepunkt jeder Flüssigkeit bei dem Drucke, wo das Wasser bei 0^0 siedet, mit r, so ist:

$$t' = r + qt,$$

wo t der Siedepunkt des Wassers und t' der Siedepunkt der Flüssigkeit mit den Constanten r und q bei demselben Druck ist. Beispielsweise ist für Quecksilber $r = 157{,}25^0$ und $q = 2$, d. h. wenn das Wasser bei 0^0 (nämlich unter einem Drucke von 4,6 mm) siedet, so siedet das Quecksilber bei $157{,}25^0$; siedet das Wasser bei 1^0, so siedet das Quecksilber bei $159{,}25^0$; siedet das Wasser bei 10^0, so siedet das Quecksilber bei $177{,}25^0$; siedet das Wasser unter dem Drucke einer Atmosphäre, also bei 100^0, so siedet das Quecksilber bei $357{,}25^0$ u. s. f.

Herr Winkelmann bringt nun ein wenig Anschein einer Widerlegung dieses von mir unmittelbar aus den sorgfältigen Regnaultschen Beobachtungen bewahrheiteten Gesetzes dadurch hervor, dass er die bereits von mir angegebenen oder vorausgesagten, ja aus der bis jetzt unvermeidlichen Unreinheit einiger Präparate nothwendigen, überdies auf einzelne Stoffe und dabei nur auf extreme Höhen- oder Tiefenlagen des Druckes beschränkten Abweichungen theilweise reproducirt und obenein Differenzen für gar beträchtlich erklärt, die unter den obwaltenden Umständen noch ganz innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Experimental- und Beobachtungsfehler liegen müssen. Sein Aeusserstes ist eine Abweichung von 4^0 auf 80^0 bei Aether und Schwefel-

kohlenstoff, also grade da, wo die Beimischung der Präparate Regnault selbst gelegentlich veranlasst hat, auf ein derartiges Maass der Unsicherheit der Experimentalergebnisse hinzuweisen. Herr Winkelmann hat nun zur Sache kein einziges Experiment gemacht, aber trotzdem Regnault, dem man experimentell in den verschiedensten Richtungen so viel verdankt, in einer Weise bemängelt, als wenn jener gediegene Experimentator seine eignen Beobachtungen nicht hätte interpoliren können. Grade in den angeführten „Grundgesetzen“ ist von meinem Vater und mir darauf aufmerksam gemacht worden, dass häufig die unmittelbaren Beobachtungen, nicht aber die für feinere Grössennuancen unvermeidlich zweifelhaften Interpolationen zu benutzen waren. Herr Winkelmann aber hat diese Nothwendigkeit dahin missverstanden, dass er im Gegentheil neue Interpolationen herausrechnen zu müssen geglaubt hat, wo ihm die Regnaultschen für seinen besondern Zweck nicht passten. In Vergleichung mit dem umfassenden Tabellenmaterial, welches ich zur Bewahrheitung des Gesetzes in der angeführten Schrift theils vollständig, theils in den Hauptpunkten vorgeführt habe, sind die aus demselben von Herrn Winkelmann zu einigen Einwendungen herbeigezogenen und vorher gekennzeichneten Abweichungen sehr geringfügig. Die strengste Gültigkeit des Gesetzes für den ganzen Lauf der Siedetemperaturen aller Substanzen vorausgesetzt, müsste erst ein physikalisches Wunder geschehen, wenn das in den Regnaultschen Quartanten niedergelegte Experimentenmaterial überall und durchgängig bis aufs Kleinste übereinstimmen sollte. Wer die Schwierigkeiten der Regnaultschen Experimente kennt, würde stutzig werden und irgend eine künstlich gemachte Zusammenstimmung wittern müssen, wenn die Ergebnisse irgend einer als rationell ausgegebenen Formel ihnen etwa noch genauer entsprächen, als dies mit meinem zunächst als empirisch hingestellten Gesetze der Fall ist.

Für circa vierzig Stoffe habe ich die specifischen Factoren q aus den Regnaultschen und andern Beobachtungen berechnet. Die Anzahl der Stoffe, für welche ich in tabellarischer Uebersicht die Anwendung auf die verschiedenen Drucke machte, konnte ich beschränken, da sich die Gültigkeit des Gesetzes für den Leser sehr bald bemessen liess. Herr Winkelmann hat nur Unerhebliches an Zahlen vorgeführt, behauptet aber, noch mehr zur Verfügung zu haben und es nur deswegen nicht anzuführen,

weil er das Gesetz bereits als unwahr erwiesen habe. Dieser Zurückhaltung gegenüber muss ich den Leser um Aufmerksamkeit für einige positiv sprechende Fälle ersuchen, die bis auf einen in den „Grundgesetzen“ nicht beigebracht wurden, weil ich das Gesetz weiterer Beläge nicht für bedürftig hielt und halte. Aus der folgenden Tabelle ersieht man den Grad der Uebereinstimmung des Gesetzes mit der Beobachtung in neuen, die ursprüngliche Schrift von 1878 zum Ueberfluss ergänzenden Beispielen.

Name der Substanz	Druck in Millimetern Quecksilber	Beobacht. Siedepunkt nach Regnault.	Berechneter Siedepunkt	Differenz
Schwefel	3273,29	554,03°	555,59°	1,56°
Citronenöl	3374,42	239,70	240,69	0,99
Methylchlorid	5653,65	34,80	35,15	0,35
Oxalsaures Methyl	6203,14	253,53	251,96	1,57
Aceton	399,57	38,74	37,57	1,17
„	463,75	42,63	41,73	0,90
„	542,09	46,86	46,20	0,66
„	682,86	53,24	52,95	0,29
„	772,47	56,79	56,81	0,02
„	1934,05	86,32	87,52	1,20
„	3284,30	106,30	107,77	1,47
„	5038,87	124,42	125,78	1,36
„	5979,61	132,27	133,42	1,15
„	7080,66	140,40	141,25	0,85
Quecksilber	85,10	255,45	254,13	1,32
„	7316,68	511,67	514,45	2,78
Stickoxydul	18600,15	—16,66	—15,96	0,70
Kohlensäure	12904,08	—25,82	— 23,48	2,24
„	18708,30	—13,81	—13,52	0,29

Die Zahlen der dritten Columne sind nach der Formel:

$$t' = r + qt = (r + 100q) + q(t - 100)$$

berechnet, wobei t und der Normalsiedepunkt $(r + 100q)$ nach den Angaben Regnaults und q, so wie es in den „Grundgesetzen“ angegeben ist, genommen wurden.

Wie die Vergleichung zeigt, sind die Differenzen der nach dem Gesetz der berechneten und von Regnault beobachteten

Temperaturen gewöhnlich nur 1 % des Werthes, der vom Normalsiedepunkte ab gerechnet wird. Bei Quecksilber wird die Differenz grösser, aber auch nicht bedeutender, als dass man sie nicht sehr wohl auf die bekannten Schwierigkeiten der hohen Temperaturbestimmungen verrechnen könnte. Die Prüfung des Gesetzes an den Thatsachen zeigt hienach nicht weniger, sondern mehr Uebereinstimmung, als sich füglich selbst von einem guten experimentellen Material erwarten liess.

Mit der Natur und den Thatsachen harmonirt das Gesetz in der ganzen Weite des verfügbaren Materials zur Genüge. Herr Winkelmann erklärt es aber mit der Beziehung für unverträglich, die er als die seinige aufstellt, und mit der er das von ihm nur als eine gewisse Annäherung und im Grunde als unwahr verurtheilte Gesetz selber ersetzen will. Offenbar kommt es ihm darauf an, sein Surrogat so scheinbar und mein Gesetz so unscheinbar als möglich zu machen. Der prüfende Leser wird aber leicht in die Entstehung des Winkelmannschen Surrogats einblicken können, wenn er das vergleicht, was zwei Jahre vorher von meinen Folgerungen aus dem Gesetze in der erwähnten Schrift meines Vaters dargelegt worden ist. Dort findet sich auf p. 92 die von mir aufgestellte, für jede Substanz geltende Beziehung $\frac{p'}{p}=\left(\frac{s'}{s}\right)^{y}$, worin s und s' die von dem festen Punkte aus, den ich unter dem Namen der Verdampfungsgrenze eingeführt habe, gezählten Siedetemperaturen bei den Drucken p und p' bezeichnen. Da die Lehre von einer allgemeinen Verdampfungsgrenze eine durchaus neue, von mir aus meinem Gesetze gefolgerte ist, so muss ich, da ich die Bekanntschaft mit derselben nicht bei allen Lesern der Annalen voraussetzen kann, hier wenigstens hervorheben, dass die Verdampfungsgrenzen auch nichts als Siedepunkte für gemeinsamen Druck, nämlich für Nulldruck, also sämmtlich als correspondirende Temperaturen im Sinne meines Gesetzes zu bestimmen sind. Zählt man nun einfach von diesen absoluten Anfangspunkten der Verdampfung, so sagt schon der oben angeführte Wortlaut meines Gesetzes, dass die sich so ergebenden correspondirenden Siedetemperaturen bestimmte Vielfache voneinander bleiben. Hieraus folgt dann aber weiter, wie des Näheren in der Schrift selbst dargelegt ist, dass der Quotient $\frac{s'}{s}$ zweier von

der Verdampfungsgrenze aus gezählten Siedetemperaturen von der Natur der Substanz, d. h. vom specifischen Factor q unabhängig, also nur eine Function von p und p' ist, die in der angeführten Formel von mir auf den nächsteinfachsten Ausdruck gebracht wurde. Der Exponent y ist bei kleineren Druckunterschieden und mittleren Drucken fast constant, bei grösseren eine sichtliche Function von p und p'.

Wenn man nun diese Gleichung speciell für Wasser nimmt und $p = 760$ mm setzt, so erhält man, da die Verdampfungsgrenze des Wassers -100^0 beträgt:

$$\frac{p'}{760} = \left(\frac{t_{p'} + 100}{200}\right)^y.$$

Schreibt man nun nach der Bezeichnungsweise des Herrn Winkelmann n anstatt $\frac{p'}{760}$ und t_n anstatt $t_{p'}$, sowie $\frac{1}{\log b}$ anstatt y, so hat man:

$$n = \left(\frac{t_n + 100}{200}\right)^{\frac{1}{\log b}},$$

woraus folgt:

$$t_n = 200\, n^{\log b} - 100.$$

Letztere Gleichung findet sich nun auf p. 214 des Winkelmannschen Aufsatzes und ist auf die angegebene Weise aus meiner Gleichung $\frac{p'}{p} = \left(\frac{s'}{s}\right)^y$ abzuleiten gewesen.

Auch die Verdampfungsgrenze des Wassers von -100^0, die Herr Winkelmann hier ohne Motivirung einführt, ist von mir p. 89 und 93 der angeführten Schrift angegeben. Sie war eine Folgerung aus meinem Gesetze und sonst nirgend in der Literatur, so weit mein Vater und ich dieselbe kennen, zu finden. Auch wird Herr Winkelmann für jene -100^0, die er ganz willkürlich in seiner Formel auftreten lässt, und die auch in der von mir für alle Substanzen vorgebildeten Formel bei der stillschweigenden Winkelmannschen Exemplificirung derselben auf das Wasser wesentlich sind, keine andere Herkunft, sei es aus der Literatur, sei es aus eignem Raisonnement, nachweisen können. Herrn Winkelmanns Formelconstruction beruht also nicht blos auf dem Formeltypus, den ich ermittelt habe, sondern auch auf der bestimmten Verdampfungsgrenze, die ich nach diesem Gesetze in Zahlen bestimmt habe. Der unausgesprochene Anschluss des Winkelmannschen Verfahrens an meine Angaben ist hier sogar

zu genau ausgefallen; denn da ich der Urheber jener — 100° bin, so weiss ich auch, wie weit diese Zahl genau sein kann, und dass jede wirklich selbständige Ermittlung hätte auf Varianten führen müssen. Mein Gesetz und die dazu veröffentlichten Folgerungen sind also die Leiter, auf der Herr Winkelmann in seiner Studie daran einige Sprossen zurückgelegt hat. Um so beachtenswerther ist es, dass nun die Leiter ganz und gar nichts taugen und zu der Höhe der Winkelmannschen Formeln nicht heranreichen soll. In Wahrheit überragt sie diese ihre unächten Sprösslinge noch um eine gute Anzahl zuverlässiger Sprossen. Die Hauptformel, auf die Herr Winkelmann einen besondern Werth legt, bringt nämlich in den Exponenten, der meinem Exponenten y entspricht, einen Ausdruck für das Verhältniss der beiden Dichtigkeiten hinein, welche die gesättigten Dämpfe nach zwei verschiedenen Hypothesen haben würden. Die eine dieser Dichtigkeiten, welche Herr Winkelmann kurzweg als die wirkliche ansieht, ist die, deren Berechnung auf den Speculationen über schwer messbare und daher wesentlich uncontrolirbare Verdampfungswärmen und überhaupt auf den minder zuverlässigen Bestandtheilen der mechanischen Wärmetheorie beruht. Die andere, nur fingirte Dichtigkeit ist diejenige, welche die gesättigten Dämpfe haben würden, wenn sie den Gesetzen von Mariotte und Gay-Lussac von den kleinsten Drucken an bis zum Sättigungspunkte ohne Abweichung folgten. Nun sind aber erfahrungsgemäss die wirklichen Dichtigkeiten nicht blos immer grösser als die nach den Gesetzen von Mariotte, Gay-Lussac und Avogadro fingirten, sondern es werden auch die Abweichungen in diesem Sinne mit dem zunehmenden Drucke der gesättigten Dämpfe, also auch mit steigender Temperatur, immer grösser. Hieraus folgt, dass auch der Exponent der Winkelmannschen Formel mit steigender Temperatur immer grösser, mit sinkender immer kleiner wird, während der wirkliche Exponent, wie ihn die Berechnung aus den Beobachtungen liefert, bei 20—30 mm Druck ein Minimum hat und bei weiterem Sinken der Temperatur ins Steigen übergeht. Die Winkelmannsche Formel ist also mit den beobachteten Thatsachen nicht verträglich, und zwar grade durch diejenigen Bestandtheile nicht verträglich, mit denen Herr Winkelmann das bereits von mir Gegebene untermischt hat. Der Hauptinhalt des ganzen Winkelmannschen Aufsatzes ist demnach zwar nur eine geringfügige Modification einer von mir als nebensächliche

Folgerung meines Gesetzes vor zwei Jahren veröffentlichten Formel, aber doch eine hinreichend unrichtige Modification, um die so abgeänderte Formel unbrauchbar zu machen. Das von mir 1877 hier in Wildbad aufgefundene Gesetz ist dagegen ein höchst einfaches Gegenbild der Thatsachen, von welchem die Physiker und Chemiker in leichter Weise eine umfassende theoretische und praktische Anwendung machen können. Ich habe es erst später in Berlin an dem Regnaultschen Beobachtungsmaterial in allen Richtungen bewahrheitet, nachdem es mir schon ohnedies festgestanden hatte. Ich habe dann aber auch weitere Folgerungen gezogen, von denen ein wichtiger Theil, wie die ganze, bis in die chemische Molecularzusammensetzung verfolgte Lehre von den Verdampfungsgrenzen der verschiedenen Stoffe, in der angeführten Schrift meines Vaters bereits im Mai 1878 veröffentlicht worden ist. Mein Gesetz beruht in dieser Veröffentlichung unmittelbar auf der Zusammenfassung der Beobachtungen und nicht erst auf allerlei Hypothesen und Speculationen von obenein unfruchtbarer Art, wie die oben gekennzeichnete Formelconstruction des Herrn Winkelmann. Uebrigens wird aber das Gesetz auch noch durch das Zutreffende jener chemischen Folgerungen bestätigt und kann getrost die Prüfung jedes eingehenden und unbefangen verfahrenden Sachkenners gewärtigen.

Wildbad in Würtemberg, im Mai 1880.

Hierauf konnte Herr Winkelmann auf Wahrheit Beruhendes nicht entgegensetzen. Der Herausgeber der Annalen, der Leipziger Professor G. Wiedemann, kam jedoch dem Collegen von der Akademie zu Hohenheim dadurch zu Hülfe, dass er in einer Anmerkung zu dessen Scheinauslassung eine etwaige Duplik unsererseits so gut wie abschnitt. In die äusserste Enge, auch vor demjenigen Theil des Publicums, dem nur das Handgreiflichste verständlich war, hatten Herrn Winkelmann jene — 100° gebracht, die bei ihm wie ein Glücksfall unter Millionen vom Himmel heruntergezaubert und ihm als Quinterne im Lotto zugefallen sein mussten, wenn er sie nicht als die Zahl unserer Verdampfungsgrenze beim Wasser gleich direct bezogen hatte.

Dies jedoch gegen die Scheinauslassung noch weiter zu urgiren, konnte sich der jüngere Verfasser nicht aufgelegt finden, da der Herausgeber, wie gesagt, schleunigst Actenschluss decretirt hatte. Der ältere Verfasser hatte aber überhaupt von vornherein

nicht in die Arena dieser Annalen hinabsteigen wollen. Er hatte es dem jüngern überlassen, auf einem demselben noch nicht aus eigner persönlicher Erprobung geläufigen Felde universitärer Journale Kenntnisse zu sammeln, an denen es denn auch gleich beim Eingang nicht gemangelt hat. Nur infolge nachdrücklichsten Urgirens durch Inaussichtstellung einer sonst anderweitigen und alsdann wohl weniger bemessbaren Austragung der Sache hatte er überhaupt die Aufnahme erreicht, von jenem langwierigen Handeln und Unterhandeln Seitens des Herausgebers nicht noch einmal zu reden. Um den Preis solcher widerlichen Erfahrung hatte er aber doch wenigstens das erzielt, in den Augen derjenigen Journalleser, welche das Sachliche des Aufsatzes beurtheilen können und ehrlich urtheilen wollen, einen Annexionseinfall vereitelt und etwas für die allgemeine Rechtssicherheit auf den Strassen der Wissenschaft gethan zu haben. Um diese Wirkung jedoch nicht auf den allzu engen Leserkreis der Annalen beschränkt sein zu lassen, haben wir der Sache hier eine etwas weiterreichende und entscheidendere Publicität gegeben.

4. Das in den beiden vorigen Nummern Dargestellte betraf nur das erste Pflänzchen, welches auf dem Boden des werthen Vaterlandes mit einer Plagiatblüthe aufgeschossen. Ehe wir uns nun weiter zu edlen Landsgenossen ähnlichen Schlages wenden und zur wissenschaftlichen Wegesicherheit der Heimath eine neue Kennzeichnung liefern, müssen wir noch erst einen kleinen Ausflug über die Vogesen machen, wo verschwiegene Freunde unseres Gesetzes fast ebenso rechtzeitig erstanden sind, wie im treuen Deutschland, der sagengemässen Heimath gründlichen Gelehrtenthums und, wie es uns die Wirklichkeit gezeigt hat, noch gründlicheren gelehrten Betrügerthums. Dies auf Grund von Beobachtungen mehrerer Jahrzehnte abgefasste Zeugniss sei vorerst ausgefertigt, ehe wir uns gegen die Franzosen wenden; denn wir möchten nicht, dass man uns auch nur des blassesten Scheins von nationaler Voreingenommenheit zeihen könne. Bezüglich der Tapferkeit in Plagiaten mögen es die Nationen miteinander ausmachen, welche die virtuosere ist, welche mit plumperen und welche mit feineren Mitteln operirt, kurz welche in den Künsten der Lüge die mächtigere und die grössere ist. Wir sind in der Justiz Kosmopoliten; wir greifen, wo es Vergehungen zu fassen gilt, international zu und meinen, dass es nicht darauf ankommt,

es gleichmässig sichtbar zu machen, ob sich nun ausländische oder einheimische Gelehrte mit Schande bedecken.

Es ist hier nicht blos der nachher zu erläuternde Fall Mondesir, sondern auch die Selbstzeichnung der französischen Akademie, es sind also zwei Dinge, das Plagiat und die akademische Unterstützung desselben durch eine entstellte Wiedergabe unserer Reclamation, was in Frage kommt. Einiges kurz Thatsächliche findet sich am Schlusse des Schriftenverzeichnisses und im sechsten Capitel bereits vorweggenommen. Das Nähere bezüglich des Plagiats selbst kann der Leser aus dem unentstellten Wortlaut unserer Reclamation entnehmen, wie sie in dem zu Leipzig erscheinenden „Chemischen Centralblatt“ (Nr. 48 vom 1. Dec. 1880) Aufnahme gefunden hat.

Ulrich Dühring, Reclamation des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen. In Nr. 13 dieses Jahrganges des Chemischen Centralblattes fand sich, wovon ich nach einer Reise erst kürzlich Kenntniss erhalten, die Reproduction einer Abhandlung von Hrn. P. de Mondesir über Vergleichung zwischen den Curven der gesättigten Dämpfe, die von Hrn. H. Sainte-Claire Deville der französischen Akademie vorgelegt worden war. In dieser Abhandlung stellt Hr. de Mondesir die Temperaturen, bei denen zwei gesättigte Dämpfe gleiche Spannung haben, oder mit andern Worten, die Siedetemperaturen zweier Flüssigkeiten bei gleichem Drucke, zusammen und berühmt sich, die wichtige allgemeine Thatsache gefunden zu haben, dass, wenn man die Spannungen so ordnet, dass die entsprechenden Temperaturen des einen Dampfes eine arithmetische Reihe bilden, auch die des andern Dampfes eine arithmetische Reihe geben. Diese Thatsache ist aber mein beinahe zwei Jahre früher in der Schrift meines Vaters „Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie, Leipzig, Fues' Verlag, 1878“ veröffentlichtes Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen, welches dort auf S. 73 so formulirt ist: „Von den Siedepunkten beliebiger Substanzen, wie sie für irgend einen für alle gemeinsamen Druck als Ausgangspunkte gegeben sein mögen, sind bis zu den Siedepunkten für irgend einen andern gemeinsamen Druck die Temperaturabstände sich gleich bleibende Vielfache voneinander.“ Stellt man also die Siedetemperaturen einer Substanz in eine arithmetische Reihe zusammen und daneben die entsprechenden Siedetemperaturen einer andern Substanz, so müssen

die Differenzen der letzteren Reihe sich gleich bleibende Vielfache der constanten Differenzen der ersteren Reihe, also ebenfalls constant sein, d. h. die zweite Reihe muss ebenfalls eine arithmetische Reihe sein. Dies ist es aber, was Hr. de Mondesir als seine Auffindung vorbringt und so einkleidet, als wenn er es unmittelbar den Regnaultschen Curven abgesehen hätte. Was er Parameter nennt, nämlich den constanten Quotienten der Siedepunktsdifferenzen zweier Stoffe, habe ich auf S. 74 der erwähnten Schrift unter dem Namen des specifischen Factors eingeführt und für alle von Regnault untersuchten Stoffe berechnet, wie ich denn überhaupt zum Nachweise des Gesetzes mich auf die umfassenden Beobachtungen Regnaults gestützt habe. Auf S. 76 der angeführten Schrift habe ich an erster Stelle die correspondirenden Siedetemperaturen des Wassers und Quecksilbers zusammengestellt, sowie auf S. 79 ff. zum weiteren Nachweise der Richtigkeit die nach dem Gesetze berechneten und die beobachteten Siedetemperaturen unter verschiedenem Drucke bei mehreren Flüssigkeiten, wie Wasser, Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Aethyljodid, miteinander verglichen. Ich habe nicht nur mein Ursprungsrecht überhaupt zu vindiciren, sondern auch insbesondere den zugehörigen bezeichnenden Umstand hervorzuheben, dass ich in der angeführten Schrift eine ganze Theorie des Gesetzes mit praktischen Folgerungen und Anwendungen, sowie auch merkwürdige quantitative Beziehungen des Gesetzes zur chemischen Molecularzusammensetzung geliefert habe. Ausserdem ist noch in Anschlag zu bringen, dass die Regnaultschen Beobachtungen ein paar Jahrzehnte aller Welt zur Verfügung gestanden haben, ohne dass Jemand vor mir das Gesetz oder auch nur eine Annäherung daran aufgefunden hätte. Seit dem vergeblichen Versuche Daltons, der vor ungefähr 70 Jahren die Siedepunktsdifferenzen bei allen Körpern für gleich hielt, was nur zufällig bei ein paar Körpern zutrifft und daher ein Specialfall meines allgemeinen Gesetzes ist — seit Dalton ist trotz des inzwischen von Regnault von 1847—62 aufgehäuften Materials nichts geschehen. Nun, nachdem ich vor kaum zwei Jahren das Gesetz veröffentlicht und gezeigt habe, dass es mit den Regnaultschen Beobachtungen stimmt, ist nach einiger Zeit allerorten, in Deutschland wie im Auslande, das nämliche von Andern als ihr Eigenthum vorgebracht worden, wofür ich beispielsweise nur auf meine Reclamation in Wiedemanns Ann. der

Physik Bd. 11 S. 163 fg. verweise. Nicht nur das erwähnte Buch, in welchem ich im Mai 1878 das Gesetz veröffentlichte, ist in vielen Exemplaren in Deutschland und im Auslande rasch durch den Buchhandel verbreitet worden, sondern ausserdem habe ich damals noch vorher zahlreiche Prospecte, in denen mein Gesetz formulirt war, an die Akademien und Fachgelehrten Europas versendet. Berlin, 13. Nov. 1880.

Zum Schlusssatz dieses Schriftstücks sei hier noch besonders hervorgehoben, dass unter den Akademien Europas speciell die französische war, und dass nicht nur diese unter ihrer Adresse, sondern überdies auch noch einige zugehörige Fachgelehrte den Prospect mit der Formulirung des Gesetzes unsererseits zugesendet erhalten haben. Im Uebrigen ist zur Erläuterung einer so klaren Sache, wie die vorliegende, wenig zu sagen. Man kann sich jedoch lebhaft vorstellen, wie es französischen Gelehrten ankommen musste, dass die von ihrem verstorbenen Regnault aufgespeicherten umfassenden Materialien bei ihnen selbst Jahrzehnte lang ebenfalls todt gelegen haben sollten, und dass nun ein Deutscher sich dieses todten Capitals angenommen und ihm Leben, nämlich Leben und Geist eines einfach zusammenfassenden Gesetzes eingehaucht hatte. Feu M. Regnault war zwar ein vortrefflicher Experimentator, aber weder Denker noch Rechner gewesen und hatte selbst keine Ahnung davon gehabt, wie sich sein reichhaltiges Material über die Siedepunkte unter einen rationellen Gesichtspunkt bringen liesse. Die Thatsache aber, dass auch seine Epigonen unter den Franzosen und zwar in allen Schattirungen, vom Empiriker der Einzelheiten bis zum professionellen Faiseur von Theorien, nichts gefunden, ja sichtbarlich in der betreffenden Richtung nicht einmal etwas gesucht hatten, musste beklemmend für ihr gelehrtpatriotisches Gefühl sein, und so apportirte denn der bekannte, seitdem verstorbene Chemiker Sainte-Claire Deville der Akademie wenigstens eine nachträgliche Nocheinmalentdeckung, welche die Gestalt einer Uebersetzung unseres Gesetzes in die Sprache der Graphik ansichtrug. Derjenige aber, der den Namen für die Nachentdeckung hergegeben und sich durch diesen stillschweigenden Wetteifer mit Deutschland verdient gemacht, wurde zum Correspondenten der Akademie ernannt.

Wenn wir hier die persönliche Eitelkeit der Einzelnen, auch so etwas zu haben, nicht besonders ins Gewicht fallen

liessen, so geschah dies, weil die entsprechende nationale Eigenschaft die individuelle einschliesst und mit ihr als so ziemlich solidarisch gelten kann. Zu dem Fall der Nachentdeckung des Gesetzes an sich, der Herrn Mondesir, seinen Vermittler und die Akademie betraf, ist aber noch selbständig das Verfahren der Akademie mit der Reclamationseinsendung hinzugekommen. Dieses ist fast noch lehrreicher; auch lässt es sich, wenn auch mit einiger Umständlichkeit, bis aufs Jota blosstellen. Ueberdies liefert es weitere scharfe Linien zur Charakterzeichnung des Vorangegangenen; denn, wie man bald sehen wird, wurde die üble Sache von der Akademie mit entsprechenden Mitteln vertheidigt, und die Beschaffenheit dieser Mittel wirft neues Licht auf die Beschaffenheit dessen zurück, was vertheidigt werden sollte.

5. Nach dem Gesagten sondern wir das Verhalten der Akademie zur eingesendeten Reclamation als eine eigne Handlungsweise ab, und scheuen nicht die Mühe, jenes bis zu dem Punkte mit Beweisstücken und Erläuterungen zu belegen, dass sich der Leser selber ein Urtheil bilden und Schlüsse auf die moralische Qualification des Gelehrtenthums unserer Culturwelt machen könne. Grade weil wir in dem Vorkommniss nichts ungeheuerlich Abweichendes, sondern nur einen prägnanten Fall von alledem sehen, was wir in mannichfaltigen Varianten, in schwächeren oder auch wohl in stärkeren Dosen, nur nicht immer gleich blosstellbar, im Laufe unserer ganzen Erfahrung, also seit Jahrzehnten, überall im Gelehrtenbereich angetroffen haben, — grade also weil wir damit so etwas wie Grundsätze und Sitte, freilich nicht öffentlich und vor dem Publicum geübte Sitte, zu charakterisiren haben, legen wir Werth auf die Zulänglichkeit der Darstellung.

Nun wird sich an der Sache selbst zeigen, dass wir zuerst den an den betreffenden Akademiesecretär eingesendeten Artikel nebst Briefchen abdrucken müssen, um hinterher durch Abdruck des Seitens der Akademie dafür Untergeschobenen gleichsam mit dem Finger demonstriren zu können, was diese Akademie dabei verübt. Wenn Jemand besondere überzeugende Gründe hat, ein Plagiat, d. h. eine Entwendung anzunehmen, so kann man ihm nicht zumuthen, seine Vindication ausdrücklich auf blosse Priorität zu richten und gar noch unwahrerweise so zu

thun, als wenn der Andere auch eine Entdeckung gemacht hätte. Das Einzige, was sich der Vindicant dabei aus Gründen formeller Rücksichtnahme und formellen Anstandes, zumal wenn er in Organen des feindlichen Lagers zu schreiben genöthigt ist, allenfalls auferlegen mag, ist die Vermeidung von Ausdrücken und Wendungen, die allzu direct und positiv die Anschuldigungen durch verletzende Benennungen hervorkehren oder Urtheile vorwegnehmend formuliren, die sich das Publicum aus den Angaben des Sachverhalts selber fällen soll. Das Allermindeste, was jeder Reclamant fordern kann, besteht darin, in solchen Ausdrücken schreiben zu dürfen, dass er sich die Behauptung eigentlicher Urheberschaft, diesen Begriff im Sinne des Originals und im Gegensatz zur Copie verstanden, nicht selber abschneide. Dies würde er aber schon thun, wenn er kurzweg und ohne Weiteres von Priorität redete. In solchen Fällen ist es vielmehr nothwendig, den Ausdruck Priorität möglichst zu vermeiden, damit man nicht selber die Gelegenheit biete, von der Hauptsache auf die weniger wichtige Nebensache abzulenken.

Immerhin hat es stilistische Schwierigkeiten, auf diese Weise zweckgemäss zu schreiben, sich nichts zu vergeben und sich zugleich so zurückhaltend auszudrücken, dass formelle Anstössigkeiten nicht entstehen. Der Jüngere von uns hat sich in diesem Sinne mit seinem Artikel bemüht, und wenn dabei auch nicht immer schönes Französisch herausgekommen sein mag, so ist es doch genug, wenn der Stil nur schön wahr und gut physikalisch gerathen. Setzten wir die französisch gefassten Wendungen nicht unmittelbar hieher, welche sich die Akademie ohne Ermächtigung gestattet hat, in ihrem Sinne in das Unwahre und bisweilen in das grade Gegentheil umzuarbeiten und so entstellt dem Namen des Verfassers unterzuschieben, so würde der Leser die ganze Tragweite und Hässlichkeit der akademischen Procedur selber nicht würdigen können und sich an die wenigen einzelnen Sätze halten müssen, die wir allenfalls auch isolirt zu einiger Charakteristik hätten verwenden können. Einem Falsum gegenüber muss man eben, wenn thunlich, das Original produciren, wäre dieses auch sonst an sich überflüssig.

Berlin, 5 Décembre 1880.

A Monsieur le sécrétaire perpétuel de la classe physico-chimique de l'académie des sciences à Paris.

Très-honoré Monsieur!

En vous demandant de vouloir faire insérer l'article ci-inclus dans les Comptes rendus, je crois que ma demande se justifie par le contenu de l'article même. Je ne prends plus que la liberté d'ajouter le désir que vous veuillez me faire savoir aussitôt que possible si vous avez l'intention de pourvoir à l'insertion de l'article.

Je suis avec une considération distinguée

Ulrich Dühring,
Grossbeerenstrasse 51.

Réclamation de la loi des températures d'ébullition correspondantes; par Ulrich Dühring.

Dans la séance de l'académie française des sciences du 23 Février 1880, un mémoire de M. Paul de Mondesir sur la comparaison entre les courbes des tensions des vapeurs saturées fut présenté par M. H. Sainte-Claire Deville et se trouve imprimé t. XC p. 360 et suivantes des Comptes rendus. Dans ce mémoire, M. de Mondesir met en colonnes les températures, auxquelles deux vapeurs saturées ont la même tension, ou, en d'autres termes, les températures d'ébullition de deux fluides à la même pression, et se vante d'avoir découvert le fait général et important que lorsqu'on arrange les tensions à telle manière que les températures correspondantes de l'une vapeur forment une progression arithmétique, celles de l'autre vapeur donnent aussi une progression arithmétique. Mais ce fait est ma loi des températures d'ébullition correspondantes publiée à peu près deux ans auparavant dans l'ouvrage de mon père „Lois fondamentales pour la physique et la chimie rationnelles, Leipzig, Librairie de Fues, 1878“ et formulée p. 73 dans les termes suivants: „A partir des températures d'ébullition de substances quelconques, données comme points de départ pour une pression quelconque commune à toutes, jusqu'aux températures d'ébul-

lition pour une autre pression commune quelconque, les distances des températures sont des multiples cónstants les unes des autres.“ Quand donc on met en colonne les températures d'ébullition d'une substance dans une progression arithmétique et à côté de celle-là les températures correspondantes d'une autre substance, il faut que les différences de la dernière progression soient des multiples constants des différences constantes de la première et par conséquent qu'elles soient aussi constantes, c'est à dire que la seconde progression soit aussi une progression arithmétique. Mais c'est précisement ce que M. de Mondésir présente comme sa découverte et qu'il revêtit tellement comme si il l'eût lu directement sur les courbes de feu M. Regnault. Ce qu'il nomme le paramètre, savoir le coefficient constant des différences des températures d'ébullition pour deux substances, c'est ce que j'ai introduit p. 74 de l'ouvrage cité sous le nom du facteur spécifique et que j'ai calculé pour toutes les matières étudiées par M. Regnault, ainsi que je me suis basé en général pour la vérification de la loi sur les observations étendues de M. Regnault. J'ai mis en colonnes p. 76 de l'ouvrage en premier rang les températures d'ébullition correspondantes de l'eau et du mercure et j'ai comparé (p. 79 et suivante) pour la démonstration ultérieure de la loi les températures d'ébullition calculées d'après la loi et celles qui ont été observées pour plusieurs fluides tels que l'eau, l'alcool, l'éther, le sulfure de charbon, l'éther iodhydrique. Ce n'est pas seulement mon droit originaire en général que j'ai à revendiquer, mais il faut signaler aussi la circonstance signifiante, que j'ai fourni dans l'ouvrage mentionné toute une théorie de la loi avec des conséquences et des applications pratiques, en outre aussi des relations quantitatives remarquables de la loi à la composition chimique des molécules. De plus il faut considérer que les observations de M. Regnault ont été à la disposition de tout le monde pendant quelques dizaines d'années, sans que personne avant moi eût trouvé la loi ou au moins une approximation à celle-là. Depuis l'entreprise manquée de Dalton dans cette direction, lequel, il y a soixante-dix ans environ, supposait comme égales les différences des températures d'ébullition pour tous les corps, ce qui ne se trouve juste qu'accidentellement pour peu de corps et constitue donc un cas spécial de ma loi générale, — depuis Dalton, rien ne s'est fait, quoiqu'on se trouvât à la face des matériaux accumulés par

M. Regnault pendant les années 1847—62. Maintenant, après que j'ai publié la loi, il y a environ deux ans, et que j'ai fait voir qu'elle se vérifie, dans toute l'étendue des comparaisons, par les observations de M. Regnault, depuis quelque temps de tous les coins, en Allemagne ainsi qu'à l'étranger, la même chose a été présenté au public par autruis comme propriété d'eux-mêmes, pour qui je renvoie par exemple à ma réclamation dans les annales de physique rédigées par M. Wiedemann T. XI p. 163 et suivantes. Non seulement le livre ci-dessus mentionné, où je publiais la loi en Mai 1878, a été divulgué vite par le commerce à beaucoup d'exemplaires, en Allemagne et à l'étranger, mais encore j'ai expédié auparavant aux académies et aux savants de l'Europe des prospectus nombreux, dans lesquels la loi était formulée.

Die Akademie hätte diesen Artikel zurückweisen können, eine Möglichkeit, die in der Fassung obiger Begleitzeilen schon ins Auge gefasst war. Wer mit der Sitte oder vielmehr Unsitte von Redactionen der verschiedensten Journalgattungen vertraut ist, wundert sich nicht mehr über herrschendes Unrecht und gemeine Vergewaltigung, sondern setzt derartige löbliche Usancen als frequente Wahrscheinlichkeit meistens voraus. Vom sonstigen Literatenthum werden sich nun Akademien gemeiniglich nur durch ihre amtliche Organisation und Autorität ein wenig unterscheiden; aber die Praktiken in ihren Journalen und die Motive zu diesen Praktiken werden, wenn man nur genauer zuzusehen vermag, sich im Kern als dieselben erweisen. Dies lehrt denn auch das kleine Kunstwerkchen, welches an Stelle des obigen Artikels kühn unter dem Namen seines Verfassers in den Comptes Rendus der Pariser Akademie (Bd. 91, S. 980 fg. in der Nummer 24 vom 13. Dec. 1880) erschienen ist und schon in der untergeschobenen wesentlichen Abänderung der Ueberschrift einen Theil seiner Tendenz verräth. Das Wort Priorität musste gleich hinein besorgt werden, und die Rubrik „Auszug aus einem Brief“ musste, mit ihrer freilich dem blossen Leser der C. R. nicht sichtbaren Unwahrheit, die Manipulation ein wenig maskiren. Uns freilich that eine solche Maske nichts, und der Leser wird dem Schriftstück auch noch die andern Masken abnehmen können, sobald er es auf seine Abweichungen vom Original geprüft haben wird. Es lautet, wie folgt:

Réclamation de priorité, au sujet de la loi des températures d'ébullition correspondantes.

Extrait d'une Lettre de M. U. Dühring.

Berlin, 5 Décembre 1880.

Dans la séance du 23 février dernier, M. Paul de Mondesir a présenté un Mémoire sur la comparaison entre les courbes des tensions des vapeurs saturées[1]). Dans ce Mémoire, M. de Mondesir prend les températures auxquelles deux vapeurs saturées ont la même tension, ou, en d'autres termes, les températures d'ébullition de deux liquides à la même pression. Il en déduit la loi suivante, qu'il considère comme nouvelle:

Lorsqu'on prend des tensions telles que les températures correspondantes de l'une des vapeurs forment une progression arithmétique, celles de l'autre vapeur forment aussi une progression arithmétique.

Je crois devoir faire remarquer que cette loi n'est autre que celle des températures d'ébullition correspondantes que j'ai publiée, à peu près deux ans auparavant, dans l'Ouvrage de mon père[2]) et que j'ai formulée (p. 73) dans les termes suivants: „A partir des températures d'ébullition de substances quelconques, prises comme points de départ, pour une pression quelconque, commune à toutes, jusqu'aux températures d'ébullition pour une autre pression commune quelconque, les distances des températures sont des multiples constants les unes des autres.“ Donc, si l'on prend les températures d'ébullition d'une substance en progression arithmétique, puis les températures correspondantes d'une autre substance, il faut bien que les différences de la dernière progression soient des multiples constants des différences constantes de la première; par suite, qu'elles soient aussi constantes, c'est à dire que la seconde progression soit également une progression arithmétique.

Or, c'est précisément ce que M. de Mondesir croit avoir découvert et ce qu'il donne comme déduit directement des courbes de Regnault. Ce qu'il nomme le paramètre, savoir le coeffi-

---

[1]) Comptes rendus, t. XC, p. 360 et suiv.

[2]) Lois fondamentales de la Physique et de la Chimie rationelles. Leipzig, Librairie de Fues; 1878.

cient constant des différences des températures d'ébullition pour deux substances, c'est ce que j'ai introduit (p. 74 de l'Ouvrage cité) sous le nom de facteur spécifique, facteur que j'ai calculé pour tous les corps étudiés par Regnault; je me suis également appuyé en général, pour la vérification de la loi, sur les observations étendues de Regnault. J'ai pris d'abord (p. 76 de l'Ouvrage) les températures d'ébullition correspondantes de l'eau et du mercure; j'ai comparé (p. 79 et suiv.), pour la démonstration ultérieure de la loi, les températures d'ébullition calculées d'après la loi et celles qui ont été observées pour plusieurs liquides, tels que l'eau, l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, l'éther iodhydrique.

Ce n'est pas seulement mon droit de priorité que je désire ici revendiquer: je tiens à signaler aussi cette circonstance significative, que j'ai donné, dans l'Ouvrage mentionné, toute une théorie de la loi, avec des conséquences et des applications pratiques; je suis arrivé enfin à des relations quantitatives remarquables, entre la loi et la composition chimique des molécules.

Les observations de Regnault ont été à la disposition de tout le monde pendant quelques dizaines d'années, sans que personne avant moi ait trouvée une loi, soit exacte, soit approchée. Il y a soixante-dix ans environ, Dalton considérait comme égales les différences des températures d'ébullition pour tous les corps, ce qui ne se trouve juste qu'accidentellement, pour un petit nombre de corps, et constitue donc un cas spécial de ma loi générale. Depuis Dalton, rien ne s'est fait, quoiqu'on eût comme éléments les matériaux accumulées par Regnault de 1847 à 1862.

Maintenant que j'ai publié la loi, en mai 1878, dans un ouvrage que le commerce a répandu en Allemagne et à l'étranger; que, en outre, la loi a été formulée dans plusieurs Notes adressées aux Académies et aux savants de l'Europe, j'ai lieu de m'étonner qu'elle puisse encore être présentée, par d'autres savants, comme leur appartenant en propre.

Haben die Herren Akademiker nun etwa die Absicht gehabt, unser Französisch zu verbessern und akademisch classisch zu machen? Nein, es hat leider eine andere Absicht vorgeherrscht, die der vergleichende Leser daran erkennt, was nun thatsächlich aus dem eingesendeten Artikel geworden ist. In

der Einsendung selbst kein Wort von Priorität; in der Verunstaltung aber das Wort und die entsprechende Sinnesbeschränkung überall eingeschwärzt! Demgemäss auch alle Sätze abgeändert, die mit der Beschränkung auf blosse Priorität in Widerspruch standen! Ja noch mehr! Sogar positiv uns eine Voraussetzung des guten Glaubens bei Herrn Mondesir und hierin ein Attest für Nichtplagiat untergeschoben! In dieser Beziehung beachte man nur die uns angedichteten Worte „ce que M. de Mondesir croit avoir découvert“ und die darin unvermeidlich liegende Bescheinigung einer croyance des Herren an seine Entdeckung. Man vergleiche, wie wir an der betreffenden Stelle auf das grade Gegentheil hingewiesen, indem wir die Worte brauchten: „présente comme sa découverte (es als seine Auffindung vorbringt) et qu'il revêtit tellement comme si il l'eût lu directement sur les courbes de feu M. Regnault (und so einkleidet, als wenn er es unmittelbar an den Curven des verstorbenen Herrn Regnault abgelesen hätte).“

Die hervorgehobenen Entstellungsproben werden genug sein auch für alles Uebrige von demselben Schlage; aber der untergeschobene Schlusssatz ist noch von einem andern Genre, welches besondere Kennzeichnung verdient. Er schiebt nämlich dem Reclamanten ein Erstaunen unter, dass nach der Veröffentlichung seines Gesetzes dasselbe auch noch durch andere Gelehrte als ihnen eigenthümlich angehörig vorgelegt werden könne. Nun nimmt sich so kurzweg ein solches Erstaunen offenbar wie eine Narrheit und Niaiserie aus, und in diesem Lichte den jüngern Verfasser durch den fraglichen angedichteten Satz erscheinen zu lassen, — darauf war es sichtlich beim Schlusseffect angelegt. Die erhöhte Sinnwidrigkeit, welcher dieser Schlusssatz in Vergleichung mit den vorangegangenen Unterschiebungen, beispielsweise mit der erwähnten Testirung von gutem Glauben, anheimfiel, musste der Wirkung, dass sich der Reclamant selber lächerlich machte, noch mehr Vorschub leisten. Allein auch ohnedies war es ein starkes Stück, ihm ein Erstaunen anzuhängen, während er weder das Wort noch den Sinn selber geschrieben, sondern, wie wir nachzulesen bitten, einfach historisch die Thatsache verschiedentlicher baldiger Nachentdeckungen registrirt und der Aufmerksamkeit des Publicums empfohlen hatte. Grade die angedeuteten geschichtlichen besondern Umstände berechtigten das Publicum, selber den wahren Sachverhalt mit grosser Wahr-

scheinlichkeit zu vermuthen und in wirklichen Plagiaten zu suchen. Allein ein so lächerlicher allgemeiner Satz von dem Erstaunen, dass auch noch Andere eine derartige Auffindung machen, konnte nur den Zweck haben, dessen vermeintlichen Schreiber zu discreditiren. Der Reclamant sollte durch den Schlusssatz als Narr erscheinen und hiemit der ganzen Reclamation Jegliches an Spitze, was sie etwa trotz aller Verunstaltungs- und Abstumpfungsbemühungen noch behalten, vollends abgebrochen werden.

Mit letzterem Schlusssteinchen hat sich nun die Pariser Akademie ihr kleines Denkmal vollständig errichtet. Wir haben alle Steine und Materialien dazu dem Leser vorgezeigt, und dieser hat bei heller Beleuchtung in alle Höhlungen und Fugen hineinblicken können. Nun fehlte nur noch eine feierliche Krönung des Gebäudes, eine wehende Flagge darauf und eine lesbare, allerseits verständliche, nicht verwitternde Inschrift. Ceremonielles und Decoratives ist aber nicht nach unserm Geschmack; die Akademie der Inschriften mag für Derartiges mehr Neigung haben. Wir wenden uns vielmehr lieber von dem Specialfall ab, um im Allgemeinen und Historischen das Gefühl der besondern Unbill zu sänftigen, die uns widerfahren. Da vernehmen wir denn noch aus dem vorigen Jahrhundert und als auf demselben Schauplatz wohlbegründet das nicht verwehende Wort Jean Jacques Rousseaus, der nach eignem Hineinblicken und zwar auch in akademische Intima einfach ausgesprochen hat, die Akademien seien Brutstätten der Lüge.

Wir überdies haben bekanntlich bezüglich Universitäten und Akademien, und überhaupt zur Kennzeichnung des Gelehrtenstandes und seiner Vergehen oder gar Verbrechen, in unsern verschiedenen Schriften noch etwas weiter eindringende Charakteristiken geliefert als Rousseau, und sind namentlich in das Bereich der eigentlichen Wissenschaft eingedrungen. Wir haben in systematischen Darstellungen wie in einzelnen Gelegenheitsfällen das gleiche Thema behandelt und auf diese Weise einen besondern neuen Wissenszweig ausgebildet. So ordnet sich denn auch das, was wir hier dargelegt haben und weiter darlegen werden, den umfassenden Thatsachen und Wahrheiten unter, die wir über das Gelehrtenthum, insbesondere aber über das handwerksmässige, zünftlerische und amtliche, bisher vor das Publicum gebracht haben.

6. Von den directen Aneignungen haben wir nun zu den mehr indirecten überzugehen. Diese sind sachlich zwar weniger einfach, haben uns aber zu keiner Bestreitung in Journalen veranlasst, in denen sie sich producirten. Wir hatten von der Art, wie man sich zu unsern einfachen Reclamationen verhalten, genug erfahren, um die für das Andere in Frage kommenden Redacteure und dabei gar eben dieselben Sippen von Neuem in Versuchung zu führen. Freilich hat sich infolge dessen alles Falsche, was man zur gleichzeitigen Unterdrückung und Escamotirung unserer Gesetze unternommen, inzwischen unwidersprochen breitmachen können.

Indessen gegen derartige Colportage kann ja nirgend etwas geschehen, wenn die Zeitschriften in feindlichen Händen sind. Letzteres wird aber freien Gelehrten gegenüber, die den gemeinen Gewohnheiten und dem gemeinen Stande des Wissens vorausarbeiten, der Regel nach der Fall sein. Um wieviel mehr muss es aber uns gegenüber gelten, die wir durch die Zustände des Handwerksgelehrtenthums schon so lange zu reformatorischer Stellungnahme genöthigt, von den tonangebenden Gelehrtenfaiseurs von jeher angefeindet und bekanntlich auch bis in die materielle Existenz hinein geschädigt worden sind. Demgemäss wird sich aber das Publicum auch nicht wundern, wenn wir fast nur in eignen Schriften bei Gelegenheit neuer sachlicher Veröffentlichungen die erforderliche Einsprache zu thun und die reichhaltig colportirten feindlichen Versionen abzufertigen vermögen.

Wenn in ein paar oben ausführlich dargelegten Fällen eine Ausnahme von dieser Regel versucht worden ist, so ist dies Seitens des jüngern Verfassers und mit Rücksicht darauf geschehen, dass dieser bei seiner damaligen äussersten Jugendlichkeit doch nicht verdächtig sein konnte, mit der Tradition und dem Beruf des älteren aufzutreten. Welchen Hindernissen er begegnet und wie man ihm mitzuspielen unternommen hat, davon weiss der Leser der vorangehenden Nummern dieses Capitels zur Genüge. Die Schlussthatsache also, dass auch er auf Versuche bei Journalen, sich wenigstens mit Berichtigungen zum Schutz seines Gesetzes gegen abgeleitete Surrogate zu verlautbaren, schon ein halbes Jahrzehnt hindurch verzichtet hat, kann nach den gegebenen Erklärungen nicht überraschen.

Gegen den dargelegten Uebelstand, allerlei falsche Versionen

und sogar Fälschungen der Wissensgeschichte eine Reihe von Jahren über sich ergehen lassen zu müssen, giebt es zum Glück schliesslich noch ein Mittel, — das ist die Stärke der eignen Sache, zumal wenn sie sich hinterher mit noch grösserm Contrast gegen das Unechte darlegen kann. Das Publicum hat so den Vortheil, die Sachlage, wie sie sich nach und nach abgespielt, überschauen und, ohne sich mit den kleineren Zwischenfällen aufhalten zu müssen, in ihren Ergebnissen würdigen zu können. Uns aber ist es zustattengekommen, dass wir vom Standpunkt unserer weitern Fortschritte nun um so zuversichtlicher auf die kleinlichen Unternehmungen und Ränke zurück- und hinabblicken können, die bestimmt waren, unser damals Errungenes herabzuwürdigen und mit Contrefaçons zu verschütten. So haben wir denn, soweit es sich um Wendungen mit dem Anschein der Wissenschaftlichkeit handelte, im Laufe früherer Capitel schon mehrfach die fraglichen Velleitäten abgethan. Diejenigen des Herrn Waals, zu denen wir uns hier, wenn auch nur kurz, doch noch einmal wenden müssen, sind namentlich in den Capiteln 6 und 9 im Einzelnen untersucht und gekennzeichnet. Hier ist nun noch der Gegensatz hervorzuheben, in welchem die nach unsern Grundgesetzen von Herrn Waals gemachten theoretischen Nachversuche zu seinen frühern Ausgangspunkten gestanden haben.

Eine holländische Dissertation von ihm, die von 1873 datiren soll, ist offenbar erst infolge unserer Herausgabe der Grundgesetze ans Licht gezogen, nämlich 1881 in einer deutschen Uebersetzung oder vielmehr erweiterten Bearbeitung herausgegeben worden. Sie bildet sein Ganzes, worauf er fusst. Bezeichnenderweise ist darin Alles amalgamirt und den Daten nach nicht unterschieden, so dass der Leser selbst bei Contrefaçons, die nach unsern Gesetzen gemacht sind, zu dem Glauben kommen kann, sie fänden sich auch schon im Original von 1873, — was sich erst, wenn der Leser unsere Thatsachen hat und die nöthigen Schlüsse macht, auch für ihn als unmöglich herausstellen kann.

Lassen wir jedoch derartige kleine Stratageme, die nichts weiter verrathen als eine bei gewissen Charakteren leicht begreifliche Unlust zu sorgfältigen Unterscheidungen, wenn sie sich Angesichts von etwas Fremdem befinden, das wohl bequem zur eignen Benützung, aber darum nur um so unbequemer in seiner öffentlichen Existenz ist. Was hat denn eigentlich Herr Waals ursprünglich und im Ganzen selber gethan? Er hat den von

Andrews längst vorher entdeckten kritischen Punkt zum Ausgang genommen, um die in diesem Begriff enthaltene Idee, dass Gas und Flüssigkeit stetig ineinander übergehen, durch eine analytisch eingekleidete Speculation auszustaffiren. Er hat sich hiezu eine problematische und, wie wir jetzt mit Händen greifen können, mangelhaft constituirte Zustandsgleichung entworfen, deren Hauptelement, der Abzug vom Volumen, schon auf dem Boden der Bernoullis vorhanden gewesen war, und deren Verbrämung mit etwas übrigens gleichgültiger Theorie nach dem neusten kinetischen Modeschnitt den Ableitungen daraus den zeitweiligen Schulanstrich geben musste. Die sogenannte Berechnung der kritischen Punkte ist denn auch nichts sich von selbst Ergebendes, sondern eine Anpassung, wie sie sich auch mit rein empirischen Formeln vornehmen liesse. Das geht uns nun aber hier nicht näher an; denn es ist das eigne Thema des Herrn Waals. Hat er auch seinen Zweck nicht erreicht, so hat er sich doch, wie auch schon die Bernoullis, mit wirklichen Gasen abgegeben, und diesen Vorzug vor Herrn Clausius, der vor ihm nur immer mit ideellen Gasen verkehrt hat, wollen wir sicherlich nicht unterschätzen.

Wozu er sich dagegen später nach unsern Grundgesetzen gewendet hat, das müssen wir hier kurz zusammenfassen. Unser Siedegesetz lag ihm vor, und was that er nun? Er legte angeblich auf sogenannte empirische Beziehungen nur geringen Werth, stellte aber nichtsdestoweniger in aller Stille unser Gesetz als Modell vor sich hin, und drückte sich und quälte sich solange mit seiner Zustandsgleichung und einer kleinen von Maxwell ins Auge gefassten Hülfsgleichung herum, bis die geplagten Formeln endlich auch so etwas von sich gaben, wie ein Correspondenzgesetz. Dabei that es natürlich nichts, dass unser Gesetz genau war, bei dem seinigen aber die Erfahrungsthatsachen ihre Zustimmung versagten. Hatte es sich doch den kritischen Punkt einverleibt, der bisher das A und O des Herrn Waals gebildet hat! Warum sollte es denn auch vor seinen Berechnungsmitteln der kritischen Punkte, warum vor allen Consequenzen seiner Zustandsgleichung etwas voraushaben und mit den Beobachtungen stimmen wollen? Das wäre gegen die Urtradition des Waalsschen Arbeitens gewesen, die immer speculativ über die Thatsachen hinweggesetzt hat. So setzte er sich denn auch mit der Contrefaçon, die er von unserm Siedegesetz genommen, über die Thatsachen

hinweg und meinte, wenn er nur den kritischen Punkt darin hätte, so müsste das eine Ausgleichung für alle übrigen Defecte sein.

Die Colporteure des Professor van der Waals kamen nun und verkündeten der Welt die Entdeckung eines neuen Gesetzes bezüglich der Siedepunkte, natürlich ohne uns auch nur zu erwähnen. Unter ihnen waren die beflissensten zunächst unsere werthen deutschen Landsgenossen, und zwar aus sehr begreiflichen Gründen; denn das professorale Lager wollte es durchaus nicht verwinden, dass die Entdeckung eines erheblichen Naturgesetzes von dem Publicum auf unserer Seite gesehen werden sollte. Dieser edle Eifer gegen uns ist übrigens Herrn Waals auch in anderer und in ebenso entscheidender Beziehung zugutegekommen, wie überhaupt das Dasein unserer Schrift nach Inhalt und Form. Nicht nur, dass wir neue Gesetze veröffentlicht hatten, sondern dass es auch in einer natürlichen und fasslichen, weite Kreise anregenden Art geschehen war, spornte unsere heimischen Missgönner dazu an, in allen Ecken danach zu suchen, was sie uns wohl literarisch entgegensetzen könnten. Auf diese Weise gelangte Herrn Waals alte Schrift, nachdem er die neue Contrefaçon unseres Siedegesetzes geliefert, ausgestattet mit dieser Contrefaçon auf den Markt. Ueberdies hatten wir durch unsere Schrift den Boden bereitet und das Interesse in Kreisen regegemacht, wo der übliche gelehrte Jargon keinen Eingang findet. Herrn Waals holländische Dissertation hätte noch lange liegen können, wie sie acht Jahre gelegen, wenn nicht unsere Grundgesetze dazwischengekommen wären und zugleich die Verbesserung gewisser Seiten der Physik auf ihre Fahne geschrieben hätten.

Ganz fertig sind wir mit dem, was unsere Grundgesetze Herrn Waals geleistet haben, jedoch noch nicht. Er hat sich nämlich, um jene Contrefaçon herzustellen, darauf legen müssen, die Consequenzen seiner Zustandsgleichung über den Sinn und die Schranken hinaus zu erweitern, die er ihnen zuvor selber angewiesen. Nur für Gase, und überdies noch nicht einmal bei hohen Drucken, und für die Flüssigkeiten nur in der Nähe des kritischen Punkts, — nur für dieses enge Gebiet war seine Znstandsgleichung von ihm selber nach seiner Manier begründet und als zu seinen kinetischen Ausgangspunkten passend hingestellt worden. Da sich nun aber unsere Gesetze und Thatsachen nicht in einem so engen Rahmen halten liessen, so machte es ihm weiter keine Scrupel, die aus der Zustandsgleichung abge-

leiteten Formeln willkürlich über den Sinn dieser hinaus zur Geltung zu bringen. Hiemit wurde, ernsthaft genommen, in dem eignen Bau des Herrn Waals Alles bodenlos. Sein Fundament, von welchem er sich mit einigem Schein zum kritischen Punkt aufgerankt hatte, genügte nicht, ja zerbröckelte ihm eigentlich selber unter den Händen. Erst die Kinese als Basis und deren Möglichkeit als Grenzbestimmung für den Sinn der Zustandsgleichung; dann im Widerspruch hiemit für dieselben oder blos analytisch bearbeiteten Formeln ein Anwendungsgebiet, wohin Herrn Waals theoretische Voraussetzungen eingestandenermaassen nicht tragen. Erst die Flüssigkeiten nur in der Nachbarschaft des kritischen Punkts, nun die abgeleiteten Formeln im ganzen Gebiet der Flüssigkeiten, — einem solchen widerspruchsvollen Sprung gegenüber ist es handgreiflich, wie das, was sich Herr Waals mit unsern Grundgesetzen selber angethan hat, doch schliesslich ein grösseres Uebel geworden, als was er unsern Gesetzen durch Contrefaçonnirung bereitet. Im Zusammengerathen beider Elemente, unserer soliden Thatsachen und seiner deductiven Speculationsversuche, haben schon bei ihm selbst die letztern sich zu erheblichen Theilen widersprechen und hiemit aufgeben müssen, damit auch nur der Schein eines dem unserigen entsprechenden Fortschrittes herauskäme. So behält bei aller Unannehmlichkeit doch auch der Humor noch ein Feld, — was uns angehörte, hat sich komisch gerächt; es hat, indem es für fremde Rechnung und fremdes Verdienst verarbeitet wurde, Desorganisation und Abbröckelung in die Behausung des Verarbeiters selbst getragen. Die falschen Theorien, von denen es umsponnen werden sollte, hat es in den eignen Händen des Gegners zu einem erheblichen Theil zerrissen. Ja es hat dabei diesen Gegner von seiner vorausgesetzten Speculationshöhe selber herab- und abfallen und eine schiefe Ebene betreten lassen, die er auch noch tiefer wird hinuntermüssen, falls er sich weiterhin versucht finden sollte, auch den Fortschritten unserer diesmaligen Folge von Grundgesetzen wiederum folgen zu wollen.

7. Auf Herrn Waals muss ein Bonner Professor, Herr Clausius folgen, wie dieser jenem ja auch immer nachgefolgt ist. Der jüngere Verfasser hat diese Gefolgschaft in Cap. 6 Nr. 3 zur Genüge beleuchtet; mir bleibt daher nur übrig, hier noch Einiges hervorzuheben, was dem unfruchtbar in Formelkram verjährten Bonner Professor zu besonderer Auszeichnung ge-

reicht. Schon in der ersten Folge dieser Schrift, sowie in derjenigen über Robert Mayer musste ich ihn ein wenig streifen, zuerst seiner mathematistischen Scholastik wegen, dann aber auch bezüglich seines allzu stillschweigenden Verhaltens zu den Entdeckungen Robert Mayers. Dies schien ihm besonders in die Glieder gefahren zu sein und er producirte darauf zu meiner angeblichen Widerlegung aus alten Tagen ein extrahirtes Mayersches Billetchen mit einer zugehörigen obligaten Höflichkeit, wie sie üblichermaassen nie ernst genommen wird und eingestandenermaassen von Mayer um so lieber angebracht wurde, je mehr übler Duft auf der andern Seite mit dem Höflichkeitsweihrauch zu beschwichtigen war. Was das allzu stillschweigende Verhalten betrifft, so berief sich Herr Clausius auf eine Abhandlung, wo er Mayer einmal citirt. Dies kannte ich; ich hatte so etwas nie bestritten; im Gegentheil, ich hatte stets solche Winkelcitate, die an letzter Stelle neben Andern das Verdienst des Mitaufgeführten nur verkleinern, gerügt und mit unter die Verschüttungsproceduren gerechnet. Mit einem solchen Citiren im Winkel, so ganz nebenbei nach allerlei Andern, sich aus der Affaire zu ziehen, lernten auch andere Leutchen, namentlich auch die Hauptentlehner vom Mayerschen Gut selber, als die Reclamation schliesslich zu einigem Widerhall gelangt war und es mit dem absoluten Schweigen vor dem Publicum nicht mehr gehen wollte.

Mayers Princip vom Höflichkeitsweihrauch habe ich schon früher und von vornherein als grundfalsch, ja als eine Schwäche bezeichnet, die ihm gradezu Schaden gebracht. Er ist unter allen Gelehrten und Forschern, die mir aus der Geschichte bekannt sind, mit seinen Gegnern am höflichsten, ja, was mehr sagt, mit ihnen stets ausgesucht höflich verfahren, und doch ist auch er es grade, dem von den Gegnern das schlimmste Schicksal bereitet worden. Man wird nun nicht fehlgreifen, wenn man in derselben Schwäche, aus der jene Beschwichtigungshöflichkeit stammte, einen erheblichen Theil des Unheils ableitet, womit ihn seine Feinde überschüttet haben. Diese, ärmlich an Geist und das Gegentheil von tapfer, glaubten grade, weil er so zurückhaltend, so bescheiden, ja sich selbst zurückstellend erschien, an ihm das rechte Object gefunden zu haben, das sich niederdrücken und berauben liesse.

Jene Schwäche ist um so tadelnswerther, als sich Mayer ihr

hingab, obwohl er bei sich die beste Kritik der Gegner übte und in den Hauptfällen an wahren, ja drastischen Urtheilen über dieselben keinen Mangel hatte. Herr Clausius freilich war für ihn nur eine äusserste Nebenperson. Ich weiss nicht, ob ich es in früheren Schriften erwähnt habe, aber ich erinnere mich noch lebhaft, wie er sich äusserte, als ich lächelnd und nebenbei im Laufe des Gesprächs auch einmal fragte, was er denn von Herrn Clausius halte. „Grosser Analytiker“, rief er mit vollster Ironie, und dabei aufstehend begleitete er seinen Ausspruch noch mit sarkastischer Mimik und Gesten. Nun, das war deutlich genug und bekundete hinreichend gesundes Urtheil. Mayer wusste recht gut, dass durch die Formelspielereien des Herrn Clausius die Wärmemechanik um kein Tüttelchen weitergebracht worden.

Doch es kommt hier nicht sowohl darauf an, Mayers Stellung und Urtheil ohne seine übel angebrachte Höflichkeit darzulegen, als vielmehr zu zeigen, wie sich Herr Clausius in einer neuen und nichtmayerschen Sache benommen hat. Hier wird das allzu stillschweigende Verhalten in flagranti fassbar und kann auch nicht den mindesten Scheinabzug erfahren. Hierin liegt nämlich die Auszeichnung des Herrn Clausius vor Herrn Waals, dass der letztere bei Herstellung seiner Contrefaçon unser Gesetz doch wenigstens nebenbei erwähnte, Herr Clausius aber sogar da, wo er eine Notiz von den Vorgängerschaften gab, unser Gesetz wegliess.

Letztere entscheidende Thatsache ist zwar in Cap. 6 Nr. 3 im Zusammenhang mit dem Sachlichen constatirt, fordert aber dazu heraus, sie hier noch unter besonderer Beleuchtung vor dem Publicum in ihrer ganzen Glorie auszustellen. Die an der erwähnten Stelle angeführte Abhandlung hatte den Zweck, die Sachen des Herrn Waals bezüglich des Siedegesetzes einzuschachteln, die zugehörigen Formelvelleitäten noch zu überformeln und so scheinbar zu einer Siedeformel aufzuklettern. Mit diesen Schachtelungen glaubte Herr Clausius ganz indirect und in aller Stille unser Siedegesetz miteinzuschachteln und in seinen Gewahrsam zu bringen. Gewissenhaft citirte er die Vorgänger, den Daltonschen Ansatz und, was er sonst schon ganz bei Seite geworfen hatte, einen kleinen Beitrag in derselben Richtung von einem Herrn Groshans, der ihn vor länger als einem Menschenalter geliefert hatte. Nur unser Gesetz, durch

welches er erst veranlasst war, wieder auf Herrn Groshans zurückzukommen, — nur unser Gesetz und unsern Namen verherrlichte er mit gänzlicher Weglassung.

Ich sagte, durch unser Gesetz sei Herr Clausius erst wieder dazu gekommen, den Beitrag des Herrn Groshans, den er früher als gleichgültig hatte fallen lassen, wieder zu citiren. Hiemit hat es folgende Bewandtniss. In der ersten Auflage seiner Abhandlungen, deren Erscheinen der Groshansschen Veröffentlichung noch näher lag, hatte Herr Clausius das Groshanssche Aperçü, wie unkritische Gelehrte unverstanden gelegentlich alles Mögliche anbringen, angeführt, und ein Excerpt davon gegeben, ein Jahrzehnt später aber in der zweiten Auflage Alles weggelassen. Er hatte eben weder das eine noch das andere Mal Urtheil genug gehabt, um festzustellen, ob er es mit einem vollen oder einem hohlen Nüsschen zu thun habe. Niemand hatte sich inzwischen um Derartiges bekümmert und so hatte Herr Clausius auch keinen Grund gehabt, sich noch weiter darum zu bekümmern. Nach der Veröffentlichung unseres Gesetzes hatte man nun aber das sehen gelernt, was man sonst nicht zu sehen vermochte, und Herr Clausius sah demgemäss nun auch, was er sich noch vor ein paar Jahren aus dem Gesichtsfelde gerückt und vor dem Publicum gestrichen hatte. Nur Eines wollte er hartnäckig nicht sehen oder wenigstens nicht sehen lassen, — das war unser Mittel, welches ihm zum Sehen verholfen hatte.

Ueberhaupt hatte man bald, nachdem unsere Arbeit erschienen war, Herrn Groshans auf die Scene gebracht und ihm in den Annalen der Physik (Bd. VI, 1879) eine Abhandlung gedruckt, die auf jenen Beitrag zurückwies, den er dreissig Jahre früher (1849) ebenfalls dort geliefert hatte. Natürlich ging Derartiges vor dem Publicum still ohne Erwähnung davon vor sich, dass nunmehr von uns ein Gesetz existirte, in dessen weittragendem Licht sich auch das Stückchen speciellen und beschränkten Sinnes ergab, in welchem der Groshanssche Beitrag seit Dalton eine Kleinigkeit zu bedeuten haben konnte. Ja, Herr Groshans selber, der nach seinen eignen Andeutungen wohl holländischer Jurist und Privatgelehrter ist und sich aus Liebhaberei mit chemisch Physikalischem beschäftigt, musste durch die Situation und von unsern deutschen Gönnern her besonders angeregt sein. Er schien sein eignes Aperçü jetzt erst gehörig erkannt und nach dem verflossenen Menschenalter neu entdeckt zu haben;

denn er brachte es mit Versuchen zu einem eigentlichen Gesetz von ihm in Verbindung und eine entsprechende Broschüre erschien von ihm 1882 vermittelst desselben Uebersetzers, der auch vorher zu Gunsten des Herrn Waals zu fungiren gehabt hatte, zu Leipzig im Verlage der Annalen der Physik unter dem Titel „Ein neues Gesetz analog dem Gesetz von Avogadro“.

Angesichts dieses Titels sei nebenbei bemerkt, dass, was Herr Groshans als neues Gesetz mit dem Avogadroschen in Beziehung bringt, von gänzlich anderm Inhalt und Sinn ist, als was wir in dieser neuen Folge als Verbesserung und Erweiterung des Avogadroschen Gesetzes für alle Aggregatzustände festgestellt haben. Für uns handelte es sich also nur um den Umstand, dass auch diese Broschüre jenes alte Aperçü mitenthielt. Damit sie ja Verbreitung fände, wurde sie von der Verlagshandlung in Annoncen allen Interessenten gratis angeboten. Was war nun, in Vergleichung mit unserem Gesetze, der wissenschaftliche Kern hinter dieser Betriebsamkeit?

Es giebt Gruppen von Stoffen, für welche die correspondirenden Siedetemperaturen, vom absoluten Nullpunkt gezählt, innerhalb der einzelnen Gruppe, bei Veränderung des Drucks, gleiche Vielfache voneinander bleiben. Beispielsweise wurde eine solche Gruppe von zehn Stoffen auch durch uns Cap. 3 Nr. 6 hervorgehoben und als engerer Specialfall unseres allgemeinen Correspondenzgesetzes signalisirt. Solche specielle und beschränkte Beziehungen, die aber an die Allgemeinheit unseres Gesetzes nicht einmal streifen, hat nun Herr Groshans, wenn auch in einer noch sehr verhüllten und schwer erkennbaren Form, früher, aber wohl zu merken in der unrichtigen Stempelung zu einem allgemeinen Gesetz, in der That gehabt und auch von Neuem in dieser unrichtigen Fassung in der fraglichen Broschüre hingestellt. Wie die Daltonschen Specialfälle, so erhält auch das Groshanssche falsch ausgedehnte Aperçü, wenn ihm im Lichte unseres Gesetzes ein richtiger Sinn gegeben wird, die Bedeutung als eine sich noch unklare Bewegung um ein Schrittchen in derjenigen Richtung, in welcher wir mit einem Male zur umfassenden Wahrheit gelangten. Quantitativ lässt sich das aber nicht zutreffend vergleichen. Es ist nicht sowohl ein Procent, was Herr Groshans vorausgehabt hätte, während wir gleich mit dem ganzen Hundert gekommen wären, sondern der Unterschied ist vornehmlich ein qualitativer. Unser

Gesetz ist nämlich eine Allgemeinheit für sich mit eignen Bedingungen und hat selber erst bemessen lassen, wie die Groshanssche falsche Vorstellung als ganz specieller Gruppensachverhalt richtig zu deuten sei.

Nach dieser Kennzeichnung nun aber noch einen Blick zurück. Dalton und Herr Groshans, — das waren gewiss Vorgänger im Suchen nach einem Correspondenzgesetz, aber dann doch wohl Vorgänger für uns und unser umfassendes Gesetz. Der Bonner Professor lässt sie aber seine Vorgänger sein, indem er unser Gesetz verschweigt und sich bemüht, die Waalssche Contrefaçon unseres Gesetzes in seiner eignen Mühle noch weiter zu façonniren und den soliden Ursprung noch unsichtbarer zu machen. Hierüber ist jedoch an der früheren Stelle vom jüngeren Verfasser schon die genügende Zergliederung angestellt worden, und der Leser wird nach Alledem wohl auch sich zur Genüge — geurtheilt und nebenbei auch darüber geurtheilt haben, wie jenes allzu stillschweigende Verhalten des Herrn Clausius in Sachen der Mayerschen Entdeckung mit seinem Verhalten gegen unser Gesetz bestens zusammenstimme.

8. Wir haben bereits eine schöne Blumenlese im Sinne der Ueberschrift unseres Capitels gehalten und die verschiedenen, sei es directen, sei es indirecten Aneignungsblüthen vorgelegt, die aus den „Neuen Grundgesetzen“ aufgesprosst sind. Angesichts dieser Reichhaltigkeit drängt sich die Frage auf, wie diese verschiedenen Formen, Benützungen und Ansprüche, die alle aus einer und derselben Quelle geschöpft haben, sich wohl unter sich vertragen und auseinandersetzen mögen. Schon an einer andern Stelle, nämlich in jener kleinen Ausführung zum Schriftenverzeichniss, habe ich darauf hingewiesen, wie die verschiedenen Eigenthümer unseres Gesetzes schliesslich doch einmal würden zusehen müssen, wie sie sich unter sich bezüglich ihrer gegenseitigen Concurrenz auseinandersetzten. Auch für diesen Punkt bin ich nun in der Lage, gleich auf ein bereits abgemachtes Pröbchen aufmerksam machen zu können und zwar auf ein solches, welches noch nachträglich für das Frühere, ja für den Uranfang aller Nachentdeckungen lehrreich wird.

Es hat nämlich der oben besprochene Herr Winkelmann, indem er unter der Jahreszahl 1885 die erste physikalische Abtheilung eines noch immer unter der alten Flagge des Grahamschen Namens segelnden Lehrbuchs der Chemie in neuer Auf-

lage herausgab, hiebei ausführlich auf die Siedepunkte eingehen müssen. Man hätte nun erwarten sollen, dass er jenes der Münchener Akademie überreichte Gesetz, für welches er doch als für sein angeblich legitimirtes Kind Grund zur Pflege und Fürsorge haben müsste, nicht in aller Stille bei Seite bringen würde. Allein er hat in dem fraglichen Band lieber ausschliesslich der Waalsschen Contrefaçon unseres Gesetzes gehuldigt und sich so gerirt, als wenn ausser dieser Waalsschen Offenbarung über correspondirende Siedepunkte der Substanzen nichts existirte. Uns hat er mit keiner Silbe erwähnt, obwohl er wusste und auch thatsächlich nicht ableugnen konnte, dass die Waalssche Gestalt mit den Thatsachen durchaus nicht zureichend stimmt. Er hatte es aber vorgezogen, die mit der Erfahrung nicht stimmende und praktisch unbrauchbare Contrefaçon aufzuführen, unser erfahrungsgemässes und wirkliches Gesetz aber, welches überdies einfach für praktische Zwecke brauchbar ist, wohl darum weil es das Original gewesen ist, wegzulassen.

Die Scheu vor dem Original der Waalsschen Contrefaçon erklärt auch noch mehr. Herr Winkelmann war mit seiner eignen, nach Ballhornschem Muster ausgefallenen Copie uns gegenüber doch gar zu sehr in die Enge gerathen, und nachdem er hier das Spiel verloren, konnte er kein Interesse haben, sein angebliches Gut anderweitig, also etwa gegenüber der Waalsschen Gesetzesgestalt zu vertreten, — von der sachlichen Möglichkeit und der Fähigkeit bei ihm nicht zu reden. Eine wirklich eigne Auffindung von ernsthaftem Charakter giebt man nicht so preis; Entlehntes aber fahren zu lassen und zunftmässig Autoritativem gegenüber weder vertheidigen zu wollen noch zu können, — das überrascht nicht. So hat sich denn Herr Winkelmann leichten Sinnes die Unannehmlichkeit erspart, mit der Vorbringung seiner Nachentdeckung auch auf unsere Vorentdeckung kommen und so auf etwas eingehen zu müssen, wodurch das Original für Alles, also auch für den Waalsschen Ableger, dem chemischen Publicum des Lehrbuchs unter die Augen gekommen wäre. Dabei hat er obenein seiner Neigung am besten entsprochen und so etwas wie das, was er bei sich nicht halten konnte, wenigstens anderwärts gegen die Vergleichung mit dem Original bewahrt.

Zuschüttungsmanieren im Gelehrtenbereich sind, wie der Leser nun wohl mit uns genugsam erfahren, von der mannich-

faltigsten Art. Sie haben zuviele Varianten, als dass sie sich erschöpfen liessen. Wie jedoch immer wieder von Neuem allerlei Manipulationen versucht werden, das Publicum glauben zu machen, ein Siedegesetz unsererseits existire eigentlich nicht, dafür kann eine zwar an sich ganz werthlose Specialschrift über Siedetemperatur und Druck, die der Jüngere von uns Cap. 6 Nr. 3 um der Scheinbarkeit ihres Titels willen mit einigen Worten abfertigen musste, als Belag dienen. Ist sie auch in der Hauptsache nur bedrucktes Papier und ohne Verständniss für den Gegenstand, den sie auf dem Titel im Munde führt, so kann sie doch als Erkennungssymptom für ausgegebene Parolen dienen, denen sie offenbar gefolgt ist. In einer langen sogenannten Geschichte, die mit einem Haufen von Unerheblichkeiten bis auf die Gegenwart angefüllt ist, wird unser Gesetz nicht angeführt. Anderwärts aber, so ganz beiläufig, wird es erwähnt. Dabei nimmt sich die Existenz der ganzen Schrift doch nur wie ein einziger Winkelzug gegen unser Siedegesetz aus, und zwar speciell als ein solcher, welcher den Parolen entspricht, die in der Atmosphäre gewisser, am meisten ignoranter Faiseurs schon immer ausgegeben worden sind. Wenn aber die Faiseurs nicht wenigstens etwas weniger Unfähiges vorzuschieben haben, so kann es ihnen nur das Gegentheil von dem, was sie wünschen, eintragen, und sie kennzeichnen durch solche Früchtchen ihrer Parolen nur sich selbst.

Vorher sind wir zufällig auch auf ein Lehrbuch gekommen; es ist aber nicht unsere Absicht, auf die Indicien, welche diese Gattung bietet, ohne besondere Gründe im Einzelnen einzugehen. In Capitel 6 ist noch eines zur Charakteristik herangezogen worden, dessen Beschaffenheit übrigens schon in der Studienanleitung unseres mechanischen Werkes kurz angegeben wurde. Was aber den in der Ausführung zum Schriftenverzeichniss wegen kritikloser Uebernahme der Waals-Clausiusschen Façonnirungen von uns signalisirten Jaminschen Cursus betrifft, so gehören seine gegenwärtigen Verfasser auch zu denjenigen Personen, die seiner Zeit den Prospect mit der Formulirung des Siedegesetzes von uns zugesendet erhalten haben.

Uebrigens mag aber noch im Allgemeinen die Bemerkung Platz finden, dass die Lehrbücher von allem Derartigen noch nichts enthalten würden, wenn die Anregung durch unsere Grundgesetze, und zwar die Anregung nach Inhalt und Form,

nicht dazwischen gekommen wäre. Herr Waals würde noch ausschliesslich an seinem kritischen Punkt hängen geblieben sein, und an ihm wiederum auch Herr Clausius; im günstigsten Falle würde also im Capitel vom kritischen Punkte ein gelehrteres Lehrbuch, welches auch den Inhalt von Specialabhandlungen berücksichtigt, die auf den kritischen Punkt veranlagte Zustandsgleichung des Herrn Waals aufgeführt haben. Jetzt ist das Alles verbreitert und erweitert; denn die Einhüllungen des Siedegesetzes sind mit darunter, und ebenso haben unsere klareren, die Schranken der Kinese sprengenden Formulirungen eines Zwischenvolumengesetzes dahin gewirkt, dem blos analytischen Abzuge vom Volumen einen fassbaren und wirkungsvollen Sinn und hiemit Eindruck und einfache sachliche Lehrbarkeit zu verschaffen. Es ist nicht unsere Schuld, wenn in den Contrefaçons doch schliesslich nur unexacte und unsolide Physik registrirt wird; wir haben genau und solide gearbeitet; unsere Formulirungen sind dabei einfach und leicht darstellbar gerathen, und echte Lehrbücher würden sie nicht indirect, halb und verunstaltet, sondern nach der originalen Gestalt übernommen haben.

Wie steht es nun mit jener Parole, welche die Coteriegelehrten gegen unsere Schrift gleich von vornherein ausgegeben haben, es sei darin nichts Neues, sondern nur Dinge, die schon überall ständen? Man hat nachträglich daran gearbeitet, sie in allerlei Verkleidungen überallhin zu verpflanzen, und schliesslich ist es nun auch schon soweit, dass sie sogar in Lehrbüchern stehen, die doch sonst Allem erst spät nachhinken — freilich nicht in der echten, sondern in einer verdorbenen Gestalt und nicht unter unserer, sondern unter fremder Flagge. Die gemischte Pseudophysik aber, gleich verwerflich von Seite des Wissens wie des Charakters, wird nicht vorhalten. Wir unsererseits haben sowohl durch Blosstellung der Plagiate als auch durch Kennzeichnung der wissenschaftlichen Trugmittel die Wege heller, sicherer und ebener gemacht. Nur positiv arbeiten und von Neuem eine Gruppe von Grundgesetzen liefern, — das wäre, wie der Leser nun wohl selbst bemessen haben wird, praktisch genommen, nur halbes Werk. Schaffen und Produciren genügt nicht, das Producirte muss gesichert und vertheidigt, es muss vor Entwendung, Entstellung und Anfechtung geschützt werden. Die einzige Instanz für die Anbringung solcher Schutzmittel ist das Publicum selbst, und es giebt offenbar keinen andern Ort, wo

ein Verfahren wegen Plagiat durchgeführt werden könnte, als denjenigen, wo auch über die wissenschaftliche Wahrheit selbst verhandelt wird. Beweise für Plagiate lassen sich aber um so überzeugender geben, je individuell eigenthümlicher ein Gegenstand ist, und je ferner er denjenigen Dingen liegt, bei denen ein Zusammentreffen Mehrerer auf dieselbe Wahrheit nicht unwahrscheinlich aussieht.

Man erinnere sich, was in einem der obigen Beispiele aus unserer Reclamation in einer Akademiezeitschrift geworden. Wir fanden sie darin als compromittirende Caricatur wieder. Wenn wir nun in unsern eignen Schriften eine die Zustände kennzeichnende Sprache führen und die allgemeine Gelehrtencorruption analysiren, so gehört dies auch zu den Diensten, welche im Interesse echter Wissenschaft unentbehrlich sind. Sachliche Wahrheit und persönliche Wahrhaftigkeit gehören im Grunde und auf die Dauer zusammen. Der Mangel an gediegenem Wissen folgt zu einem grossen Theil aus sonstiger Ungediegenheit des Gelehrtenstandes und lässt sich von dessen moralischer Corruption, namentlich aber von der trugvollen Verdorbenheit seiner literarischen Sitten nicht trennen. Wie innig diese zwei Dinge zusammenhängen und wie sehr sich dieser Zusammenhang auch bei der grundsätzlich hervorgekehrten Erörterung der reinen Wissensseite fühlbar macht, wird sich in Erinnerung bringen, wenn wir im nächsten Capitel einige Vorbedingungen und Wege zu einer wissenschaftlich gesunderen Physik kennzeichnen.

Zwölftes Capitel.

Wege zur bessern Physik. Verhältniss zur Mathematik.

1. Einige Züge herrschender Pseudophysik sind am Schluss der ersten Folge im vierten Capitel hervorgehoben worden. Das Material an speciellen Erfahrungen, die wir unterdessen gesammelt, gestattet uns eine weitere Charakteristik der wichtigsten Gebrechen des hier fraglichen Gebiets. Aber nicht etwa blos negativ das, was wir an Verkehrtheit und Verderbniss beobachtet, sondern noch vielmehr positiv, was uns auf dem gesunderen Wege gelungen, liefert, zumal durch die Vergleichung, die Anhaltspunkte für die Bestimmung der gediegenen und fruchtbaren Methoden. Bei letzterer Bestimmung müssen wir von Wahrheiten ausgehen, die sich theilweise zu einfach und trivial ausnehmen mögen, als dass man gerne an eine heute weit verbreitete Vernachlässigung derselben glauben sollte. Uebrigens wird sich aber auch zeigen, dass diese allgemeinen Wahrheiten nur an sich, aber nicht in der systematischen Combination mit andern, etwas Selbstverständliches sind. Auch werden wir durch die besondern Beispiele aus dem nächsten Beobachtungsfelde zeigen, wie übel es um die Einhaltung selbst der trivialsten Nothwendigkeiten steht, die durch eine Jahrhunderte alte Erprobung doch zu unumgänglichen und gewohnheitsmässigen Maximen eingewurzelt sein sollten.

An erster Stelle ist daher die Erinnerung wohl angebracht, dass der Ausgang der gediegenen Physik und das Maass ihrer Ergebnisse von den Thatsachen zu nehmen ist. Achtung vor den Thatsachen muss der Anfang und muss das Ende aller Verfahrungsarten und aller Wahrheitsfeststellungen sein. Wie hat

es nun aber beispielsweise in dem Gebiet, welches wir bearbeitet haben, bei Andern mit der Achtung vor den maassgebenden unmittelbaren Thatsachen gestanden? Den Thatsachen ins Gesicht hat man speculative und mathematistische Fictionen als Wahrheiten, ja als überlegene Wahrheiten in Curs gebracht, blos weil sie vom Schlage der eignen gewohnheitsmässigen Gespinnste waren und weil man durch derartige Umspinnungen auch fremdes solideres Gut für die eigne Eitelkeit einzuverleiben meinte.

Demgegenüber sei nun daran erinnert, dass überall, wo man der Physikgeschichte nachforscht, die Vereinigung der Thatsachen unter einfachen Gesichtspunkten die Hauptfortschritte mitsichgebracht hat. Die Thatsachen von einfacher Natur und grosser Tragweite, die man auch als rationell herausgehobene Thatsachenschemata bezeichnen könnte, sind immer die nächsten Stützen des soliden Wissens gewesen. Gelang es, sie durch eine tiefere Ergründung auf entlegenere ursächliche Nothwendigkeiten zurückzuführen, so verloren sie ihren Werth nicht, wie das Beispiel der Keplerschen Gesetze und der daran angeschlossenen Erklärungen aus der Gravitation zeigt. Am häufigsten ist es aber in der Physik noch gar nicht möglich gewesen, die gesetzlichen Schematisirungen der Thatsachen auf entferntere, wirklich solide Gründe zurückzuführen. Dies ist beispielsweise der Fall mit den drei sogenannten Gasgesetzen, die freilich für unsere neuste Untersuchung sämmtlich Gesetze aller Aggregatzustände geworden sind, aber darum nur um so deutlicher zeigen, dass es bis jetzt für sie keine gediegene mechanische Erklärung gegeben hat; denn dem speculativen Unfug mit der Kinese setzen doch wenigstens die festen Körper schliesslich ein starres Nein entgegen.

Reden wir jedoch nur von der herkömmlichen gediegenen Physik, so sind die alten Gesetze Mariottes, Gay-Lussacs und Avogadros in ihrem Kern einfache Thatsachen von grosser Tragweite, also simple Erfahrungsschemata gewesen, die man aus dem zusammengesetzten Lauf der Erscheinungen durch experimentelle Abstraction und durch Sinn für die rationellen Bestandtheile der Vorgänge blosgelegt hat. Man hat sich mit dieser Art von Gesetzen behelfen müssen und können, und Niemand hat sie mit Recht etwa darum anzufechten vermocht, dass sie empirisch und keiner von oben herab verfügenden Speculation

entsprossen wären. Die solideste Fassung ihrer Verbesserungen stammt vielmehr aus einer ähnlichen Quelle, wie diejenige, aus der sie ursprünglich selber geflossen. Ist bei unserer Verbesserung nämlich auch etwas mehr bewusste Mechanik im Spiele gewesen, so war es doch keine speculative, die mit Fictionen, also etwa mit kinetischen Voraussetzungen, gearbeitet hätte. Doch hievon ist hier nicht näher zu reden. Genug dass jene alten Gasgesetze in ihrem Bereich noch immer ein Beispiel sind, wie Gesetze von solidem Gebrauch aussehen, und woran man sich zu halten hat. Alle Abweichungen in den ablenkenden Anwendungsgebieten haben mit Recht die Zuversicht nie erschüttern können, dass jene Gesetze für die äussersten und sozusagen hohen Gaszustände empirisch exact wären und daher auch einen rationellen Kern enthalten müssten. Dies war aber genug, um sie vor einer Herabwürdigung ihres Werthes zu bewahren.

Nun vergleiche man hiemit unser Siedecorrespondenzgesetz. Ist es nicht etwa auch ein rationelles Schema von Thatsachen mit erheblicher Tragweite und noch dazu von sehr mannichfaltig verzweigten Thatsachen? Trifft es für sein Gebiet mehr oder weniger zu als für das ihrige jene alten Gasgesetze? Wir dächten, es träfe unvergleichlich genauer zu, indem es sein Gebiet wirklich beherrscht und nur da an eine, obenein ganz natürliche Grenze kommt, wo Thatsache und Begriff des Siedens selber aufhören. Selten wird wohl ein aus vielen Thatsachen durch Vergleichung und rechnende Combination gewonnenes Gesetz zugleich so einfach ausfallen und so viele heterogene Fälle mit so grosser Genauigkeit decken. Hier sind es also die Thatsachen der Natur selbst, welche Achtung heischen, und auf deren glückliche Vereinigung in einer so praktischen Formulirung man erst dann weniger Werth zu legen hätte, wenn es gelungen wäre, ein gleich genaues Ergebniss durch solide mechanische oder wenigstens physikalische Deduction zu erzielen. Hiezu giebt es aber noch nicht einmal leidliche Annäherungen, geschweige etwas wirklich Zulängliches.

Will nun die Physik Angesichts dieser Sachlage und in einem solchen Stadium solide bleiben und keine Charlatanerie treiben, so muss sie sich bis auf Weiteres in erster Linie an das einfache Thatsachengesetz halten und darf unzulängliche speculative Versuche, selbst wenn sie an sich besser geriethen, als geschehen, doch nur in zweiter Linie und als Nebenspiele

betrachten. Vollends werden aber jene Pseudomanipulationen, die, wie diejenigen, welche wir früher geschildert haben, an sich selbst und in ihrer eignen Art, d. h. im deductiven Gebiet selber, keine soliden Wege gehen, von der gesunden Physik fernzuhalten sein.

2. Anders verhält es sich natürlich mit den echten Bethätigungen der deductiven Denkkraft und namentlich mit denjenigen, die bereits an mechanische Ausgangspunkte anknüpfen können. Letzteres ist nun freilich in der specielleren Physik erst wenig der Fall; die eigentliche und strenge Mechanik reicht noch nicht sonderlich weit, und es hilft wahrlich nichts, wie beispielsweise in der Chemie unter Verunstaltung ihrer sonst gesunden Sprache bisweilen geschieht, an Stelle wirklicher mechanischer Einsichten mechanische Metaphern zu brauchen und von Statik und Dynamik der Atome zu reden, wo man noch nichts wirklich Statisches oder Dynamisches vor sich hat. Ist aber einmal ein wirklicher und solider mechanischer Ausgangspunkt irgendwo gewonnen, dann braucht man nicht mehr über Art, Möglichkeit und Recht des Deducirens und speculativen Verhaltens zu streiten; es versteht sich alsdann von selbst, dass man mit den Consequenzen soweit vorzudringen sucht, als nur irgend die Tragweite der Principien und deren in das Specielle erstreckbare Combinirbarkeit reichen wollen. Für denjenigen complicirteren Theil der Physik jedoch, den wir hier im Auge haben, ist das Aufsteigen zu rein mechanischen Principien noch bei den ersten Anfängen.

Hieraus folgt aber nicht, dass darum jedes ableitende Verfahren ausgeschlossen sein müsste. Es giebt ein Zwischenbereich speciell physikalischer Principien, die auch als Ausgangspunkte für Combinationen und Consequenzen dienen können. Einfache Thatsachen, mit denen operirt werden soll, brauchen nicht immer unmittelbar mechanische zu sein. Man kann auch specifisch physikalisch gekennzeichnete Sachverhalte von einfacherer Natur zu Anknüpfungspunkten machen. Derartiges ist z. B. mit den Gesetzen der Zusammendrückung und Ausdehnung möglich geworden, und wenn wir die Molecülzahl als einen allgemeinen Factor der Druckverhältnisse erkannt haben, so ist dies kein unmittelbar mechanisches, aber wohl ein indirectes physikalisches oder, wenn man will, chemisches, jedoch zu stati-

schen Ergebnissen führendes und zur statischen Charakteristik dienstbares Princip.

Letzteren besondern Sachverhalt haben wir jedoch hier nicht auszuführen, sondern nur allgemein in Bezug zu nehmen. Das Wesentliche bleibt, dass man, auch abgesehen von letzter mechanischer Begründung, ein Gebiet echter und solider Speculation anerkenne, welche sozusagen auf Zwischenthatsachen beruht, die nicht so abstract sind wie die mechanischen, aber doch relativ einfacher und allgemeiner, als die unmittelbar aufgefundenen Gesetze. Solche secundäre Gesichtspunkte nicht rein mechanischer Natur, sind sogar da thatsächlich noch immer leitend, wo sich eine voreilige Auffassung fälschlich geschmeichelt hat, Grundsätze von völliger mechanischer Durchsichtigkeit zu handhaben. So ist die ganze Auffassung der Wärme, sammt Erhaltungsprincip und Aequivalent, etwas indirect Mechanisches geblieben; denn noch giebt es keine zuverlässige und gediegene Vorstellung, in welchen letzten mechanischen Acten das Dasein der Wärme eigentlich bestehe. Eine gute motorische Theorie ist nicht vorhanden und es ist obenein fraglich, ob überhaupt eine rein motorische Erklärungsart für Alles zureichen kann, und ob nicht das Statische an sich selbst, wie wir bis jetzt annehmen, auch in den letzten Rechenschaften und Gründen eine eigne und selbständige Vertretung haben müsse.

Nach dieser Hinweisung auf das unvollkommen und unvollständig Mechanische gewisser Principien, bei deren Anwendung man herkömmlich schon kurzweg von Mechanik oder mechanischer Theorie eines Gebiets redet, wird es nicht überraschen, wenn wir auch in einzelnen unserer eigensten Methoden, wie sie in den deductiven Bestandtheilen der ersten Folge dieser Schrift gehandhabt wurden, mehrfach nur Deductionsmittel zweiter Ordnung sehen. Das Zwischenvolumengesetz beruht zum Theil auf einer Idee, die dieser Zwischengattung angehört, also zwar eine mechanische Seite hat, aber nicht in lauter Mechanischem aufgeht.

Nun wäre es übel, wenn man mit derartigen Principien nicht weiter kommen könnte. Die Wissenschaft würde stillstehen, und man könnte Jahrhunderte vergebens warten, wenn man die Alternative stellte: reine und letzte mechanische Begründungen oder aber Garnichts. Noch schlimmer muss es aber der Wissenschaft ergehen, wenn Solche kommen, welche die Lücke mit Fictionen und Pseudomechanik, wir sagen nicht ausfüllen sondern

verdecken; dann ist eben die Charlatansphysîk im Gange, und soliden Unternehmungen erwächst neben dem, was sie positiv erzielen, noch die Nebenaufgabe, die Merkmale und Eigenschaften der zuverlässigen Speculationsarten kenntlich zu machen.

Schon zu jeder Gewinnung eines schematischen Gesetzes aus den speciellen Thatsachen ist rationelle Gedankenbewegung, d. h. ein Forschen nach dem nothwendig, was als einfache Thatsache der Grund vieler andern sein könnte. Das Rationelle der Physik und Chemie beginnt also bereits hier und nicht erst da, wo man in der Lage ist, von vornherein Ursachen zu combiniren und vornehmlich in Deductionen fortzuschreiten. Die rationelle Gestaltung hat verschiedentliche Grade und Stufen, und jede besonnene Speculation wird sich dadurch auszeichnen, dass sie im gegebenen Fall immer bald erkennt, bis zu welcher Stufe sich gelangen und von welcher Stufe sich mit Ableitungen anfangen lasse.

Im Gegensatz hiezu vergegenwärtige man sich das Benehmen der hohlen und ungediegenen Speculation. Diese macht nicht nur leichtfertig fictive Voraussetzungen, sondern bleibt auch bei ihnen, obwohl die Consequenzen mit den Thatsachen nicht stimmen. Sie geht ihre schlechten Wege, solange sie noch irgend Jemand findet, der sich täuschen lässt, und sie thut dies, um ihrer Eitelkeit zu fröhnen. Ist einmal Derartiges mit Scholarcheninteressen und persönlichen Eitelkeitsrücksichten verwachsen, dann kann Generationen hindurch die sachliche Wahrheit zurückstehen, damit nur die Gelehrteneitelkeit sich ungestört mit den Thorheiten breitmache, in die sie durch eigne Beschaffenheit und Schuld gerathen.

Das Uebel ist nämlich auch hier kein zufälliges und findet sich schon an der Wurzel. Eine frivole Art für Alles, sei es Wissenschaft oder Leben, ist auch hier der ursprüngliche Grund und lässt von vornherein keine gesetzte, ordentliche und gewissenhafte Haltung aufkommen. Das völlige Widerspiel davon ist der zuverlässige, sich seiner Verantwortlichkeit bewusste und redliche Typus. Bei diesem ist das wissenschaftliche Denken gleichsam sittlich geartet wie das Leben. Selbst grosse Neigung und Kraft zu kühnster Speculation werden ihn auf die Dauer nicht in die Irre gerathen lassen. Sein Denken mag sich auf den Höhen bewegen und gewaltig weiter ausspähen, als sich jene blossen Habitués und Lehrlinge der Eitelkeitsspeculation träumen lassen;

aber es wird sich immer sehr bald darüber orientiren, inwieweit es zu etwas Haltbarem gelangt sei.

3. Wir haben von gesunder Bethätigung der Mathematik bisher noch nicht geredet und müssen das Eingehen auf diesen Gegenstand auch noch verschieben, weil wir die Mathematik als ein Mittel ansehen, welches sich zwischen die beiden sachlichen Ausgangspunkte aller Physik und Naturwissenschaft, nämlich zwischen die unmittelbaren Thatsachen einerseits und die ersten Ausgangspunkte des Denkens andererseits wie eine Ueberbrückung einschiebt. Diese mathematische Brücke wird in doppelter Richtung passirt, obwohl man heute gemeiniglich und sehr einseitig nur an diejenigen Dienste denkt, die sie leistet, wenn man seinen Ausgangspunkt von den Allgemeinheiten und im Speculativen nimmt, um deducirend zu speciellen Folgerungen überzugehen. Jedoch auch der umgekehrte Weg erfordert mathematische Formulirungen; denn die unmittelbaren Thatsachen lassen sich nicht in allgemeinen Schematen und Gesetzen zusammenfassen, ohne dass man für sie geometrische oder analytische Beziehungen aufstellt. Etwas Aehnliches lehrt schon die dürftigste empirische Formel, die nach ganz willkürlichen und tastenden Compositionsschablonen eingerichtet ist. Um wieviel mehr muss nun nicht eine rationelle Einrichtung der mathematischen Grundgestalt, durch welche eine Gruppe von Phänomenen in einer ihrer Natur conformen Weise gedeckt wird, als fruchtbare Bethätigung des mathematischen Sinnes und als grundsätzlich erforderliches Mittel zur Gewinnung der Wahrheit gelten!

An diesen letzteren Punkt sollte hier nur erinnert sein; von dem sonstigen Verhältniss der Mathematik zur Gestaltung des Sachwissens ist erst dann Einiges zu sagen, wenn die Erwägungen über Natur und Erfolg der verschiedenen speculativen Ausgangspunkte zu Ende geführt sind. Es ist nämlich von grosser Wichtigkeit, sich von vornherein mit dem sicherlich nicht trivialen Umstande vertraut zu machen, dass die Mathematik, wie sie auch fungiren möge, stets erst an zweiter Stelle eintreten kann, nachdem leitende Begriffe oder maassgebende Thatsachen bereits gewonnen sind. Vermöge einer durch gedankenlosen Missbrauch der Mathematik eingewurzelten Meinung bestände der eigentliche Anfang der rationellen Behandlung im Uebergange zu den Proceduren der Analysis. Hiebei wird aber vergessen, dass die algebraischen Formeln sich nicht selber ihren

Sinn geben, dass bei derselben Formel die Sinnesbestimmung eine sehr verschiedene sein kann, und dass es demgemäss zu allererst auf die Sachbegriffe ankommt, von denen man ausgeht. Dies werden wir nachher auch an Beispielen zeigen; vorerst haben wir aber den Sinn jener Art von Rationalität und Speculation näher zu beleuchten, der ausserhalb des Gebiets der eigentlichen Mechanik das Physikalische und Chemische die solidesten Fortschritte verdankt und der auch wir uns zugewendet haben, um über die bisher bekannten Gesetze hinaus Wahrheiten von grösserer Allgemeinheit aufzufinden.

Man erinnere sich derjenigen Bestandtheile, die in der ersten Folge der Grundgesetze nicht völlig mechanisch, aber auch nicht, wie das Siedegesetz, wesentlich von Seiten der unmittelbaren Erfahrung her gewonnen waren. Man schliesse an diese Bestandtheile Alles an, was in der vorliegenden Folge daraus geworden und an weitreichenden Consequenzen erzielt worden ist. Alsdann vergleiche man Beides, die ersten Ausgangspunkte und die nunmehrigen vollständigen Ergebnisse, und man wird finden, dass einfache leitende Begriffe die Ursachen der Möglichkeit sowohl der ersten Feststellungen als der weiteren Errungenschaften gewesen sind.

Da fand sich zunächst an der Spitze der nicht mehr blos rein mechanischen, sondern specieller physikalischen Vorstellungen die einfache, besonders vom Wasserstoff abstrahirte Idee, dass sich die hauptsächliche Zusammendrückbarkeit zunächst gar nicht auf das Erfüllte des Raumes, also nicht auf die Molecüle selbst, sondern auf den Zwischenraum beziehe. Hieraus wurde wiederum geschlossen, dass, wenn ein Gesetz der Einerleiheit statischer Kraft im Raume oder auch, ohne Rücksicht auf diesen höheren speculativen Grund, unmittelbar und kurzweg ein Gesetz von der Art des Mariotteschen in strenger Weise existiren solle, dieses alsdann für den Zwischenraum, nicht aber für das ganze Volumen statthaben müsse. Da sich diese Idee durch weitere Thatsachen und namentlich auch in hohen Drucken bestätigte, so war das alte Mariottesche Druckgesetz hiemit um einen wesentlichen Schritt rationalisirt und verbessert. Eine analoge Verbesserung ergab sich sofort für das Gay-Lussacsche Gesetz und eine weitere, noch viel wichtigere für das Avogadrosche.

Während man den ersteren beiden Verbesserungen mit

einigem Schein Seitenstücke Anderer zugesellen konnte, die schon früher als unsere Aufstellungen, wenn auch in einem andern und weit beschränkteren Sinne, vorhanden waren, so hat man doch darauf verzichten müssen, für unsere Abänderung des Avogadroschen Gesetzes auch nur eine Spur von Aehnlichkeit aufzutreiben. Wie kommt es nun, dass Diejenigen, welche das eine Stück der Verbesserungen haben sollen, nicht auch zu dem andern sehr wesentlichen Stück gelangt sind, während wir ohne Zögern dazu übergingen? Hiefür ist ein sehr einfacher Grund vorhanden, der freilich Denen nicht gefallen wird, die unsere selbständigen Leistungen durch schiefe Vergleichung mit äusserst partiellen und unzulänglichen Prioritäten zu degradiren streben. Dieser einfache Grund besteht darin, dass unsere leitende Idee sachlich eine völlig andere gewesen und daher auch eine andere Tragweite haben musste.

Wir sind nicht etwa von kinetischen Voraussetzungen ausgegangen und dadurch analytisch zu irgend einem Abzug vom Volumen veranlasst worden, wie Herr Waals in seiner Dissertation von 1873 und wie zu einem ähnlichen Abzug von einer Function des Volumens eine noch etwas ältere Priorität, die es auch für Herrn Waals ist, nämlich Daniel Bernoulli in seiner Hydrodynamik von 1738. Auf solchem Boden und mit solchen Vorstellungen wären wir nicht ernstlich weitergekommen. Resultate kinetischer Speculation mussten vielmehr eine freie Entwicklung hindern, während unsere Art von speculativem Vorgehen schon von vornherein die Ausdehnbarkeit des leitenden Gedankens in Aussicht stellte. Unsere Gegner haben kein Gesetz des Zwischenvolumens und können keines haben wollen, wenn sie bei ihren Principien zu bleiben gesonnen sind. Freilich haben sie sich durch uns in Inconsequenzen gegen ihre Principien und hiemit ein wenig weiter führen lassen, wie in Cap. 11 Nr. 6 an einem wesentlichen Beispiel gezeigt worden. Trotzdem sind sie aber nicht einmal zur Verbesserung des Avogadroschen Gesetzes, geschweige zu einer Hinausführung desselben über das Gasbereich gelangt. Das Schema der Zustandsgleichung ist bei ihnen ebenfalls auf diese Weise unvollständig und hiemit unrichtig geblieben, so dass sogar die blosse Beschränkung der Vergleichungen auf die analytische Form der Beziehungen schliesslich nicht zu ihren Gunsten ausfällt.

Ehe wir jedoch auf die mathematisch-analytische Seite be-

sonders eingehen, weisen wir noch auf die natürliche Selbstbegrenzung hin, die der gesunden Speculation eigen ist. Wir haben im Laufe der beiden Folgen, ungeachtet aller Vorschiebungen und Verallgemeinerungen der ersten Ausgangsgesetze, uns dennoch nie versucht gefunden, ein Gesetz der Cohäsion einzumischen. Eine solche Einmischung hätte Angesichts unseres Zweckes geringe Abstractionskraft verrathen. Die Gesetze des Wärmedrucks waren an sich festzustellen; der Wärmedruck ist dabei eine Kraft für sich, deren jedesmalige Wirkung vom Zwischenvolumen und von der darauf entfallenden Molecülzahl, nicht aber von den Gegenkräften abhängig ist. Diese Gegenkräfte müssen in eine ihm entgegengesetzte und gleiche Resultante vereinigt gedacht werden können; wie sie sich aber zwischen äusserem Druck und innerem Zug vertheilen, das bleibt für die Statik der Wärmekräfte an sich selbst gleichgültig. Unsere Gesetze beziehen sich daher unmittelbar auf das, was wir Wärmedruck nennen, nämlich auf das selbständige und ungehinderte Bestreben der Molecüle, sich voneinander zu entfernen. Das Spiel der sogenannten Cohäsion und des äussern Drucks mag eingreifen wie es wolle, es wird die Gesetze des Wärmedrucks, wie sie an sich existiren, ebensowenig abändern, als etwa irgend ein zusammengesetzter Naturvorgang das Gesetz der Trägheit aufzuheben vermag.

Wenn wir statt eines unmittelbaren und selbständigen Zeichens für den Wärmedruck, etwa ω, die ihm gleiche Gegenkraft π in die Betrachtungen und Formeln eingeführt haben, so ist dies der Einfachheit und Abkürzung wegen geschehen. Die Zerlegbarkeit von π in eine innere Druckresultante und in einen äussern Druck verstand sich alsdann von selbst. Die nächsten Schlüsse ergaben sich aber am bequemsten da, wo man annähernd für π den äussern Druck p, wie im hohen Gaszustande, oder allein den innern Zug z, wie unter gewöhnlichem Druck bei Flüssigkeiten und festen Körpern, veranschlagen durfte. Die Vereinigung von $p + z$ ist uns also stets nur der Anzeiger für eine statische Kraft gewesen, die dem Wärmedruck entgegengesetzt, aber gleich wäre. Sachlich beziehen sich die Gesetze unmittelbar auf ω und erst mittelbar auf den Gesammtdruck $\pi = p + z$.

Derartige Unterscheidungen, wie die eben gemachte, mögen einem blossen Analytiker, dessen Gedankenregung erst mit der

fertigen Formel beginnt, recht unnütz erscheinen. Für Denjenigen aber, welcher den Proceduren der Analysis nicht blos nach-, sondern auch vorarbeitet, ist es von entscheidender Wichtigkeit, die ins Auge gefassten Sachen und Begriffe an sich selbst bezeichnet zu sehen. Grössengleichheit gestattet auch bei sachlicher und begrifflicher Ungleichheit algebraisch eine Vertauschung; aber im Denken und Forschen, zumal in demjenigen, durch welches die analytische Formulirung der Beziehungen erst möglich werden soll, würden analoge Verwechselungen nicht nur fundamentale Fehler sein, sondern auch alles Weitere durch Verdunkelung und Verwirrung unbestimmt und unsicher machen. Wir hatten daher guten Grund, es hervorzuheben, dass unsere Statik der Wärme, wie sie sich vom Zwischenvolumengesetz an bis zum erweiterten Avogadroschen Gesetz entwickelt hat, unmittelbar nichts Anderes enthält als Gesetze des Wärmedrucks.

Vergleicht man nun jene unsere bestimmten sachlichen und begrifflichen Formulirungen, sowie deren bisherige Tragweite mit Alledem, was man ihnen von anderer Seite mit ein wenig Schein gegenüberstellen mochte, so wird sich wohl die sichere Haltung und gleichzeitige Fruchtbarkeit unseres physikalisch-chemischen Speculationstypus nicht verkennen lassen. Um jedoch noch andere Unterschiede des Inhalts unserer Aufstellungen bemerklich zu machen, müssen wir der analytischen und überhaupt der mathematischen Seite der Untersuchungen noch erst etwas nähertreten.

4. Als wir neben den neuen Grundgesetzen zum physikalisch-chemischen Gebiet auch neue Grundmittel zur Analysis und den zugehörigen Theilen der reinen Mathematik aufstellten, waren wir uns bewusst, zugleich für eine einheitliche Aufgabe zu arbeiten. Es war unmöglich, Angesichts einer vermathematistelten Physik mit vollem Nachdruck die mathematische Scholastik zu bekämpfen, die in den Anwendungsgebieten ihr hohles Wesen treibt, wenn nicht auch die Verkehrtheiten der reinen Mathematik auf ihrem eignen Felde blosgestellt und ihnen gegenüber durch positive Darlegungen gezeigt wurde, was sich am Leitfaden klarer Begriffe Besseres schaffen lässt. Unsere erste und hauptsächlichste Absicht ist freilich gewesen, die Grenzen der Analysis, Algebra, Functionenlehre und zugehörigen Geometrie um Einiges zu erweitern. Da aber im Hinblick auf die Naturwissenschaft die Mathematik selbst wieder Mittel zum Zweck

wird, so versteht es sich, dass wir bei verschiedenen Punkten die Anwendungen bereits vor Augen hatten.

Findet sich keine genügende Sicherheit und kein durchgreifender Fortschritt in den rein mathematischen Mitteln, so muss sich dieser üble Zustand auch in der Physik und überhaupt in allen denjenigen Theilen des Naturwissens widerspiegeln, die einer mathematischen Behandlung fähig und bedürftig sind. Von der Solidität des allgemeineren Gebiets wird diejenige des specielleren in einem hohen Grade abhängig sein. Nun hatten wir schon in der ersten Folge das unschöne und überladene Formelspiel, mit welchem besonders die mechanische Wärmetheorie heimgesucht worden, als argen Uebelstand gekennzeichnet. Damals jedoch konnte für Solche, die uns nicht näher kannten, ausserhalb eines weiteren Zusammenhangs der irrthümliche Schein entstehen, als stellten wir die Handhabung analytischer Formulirungen überhaupt nicht hoch.

Seit dem Erscheinen des rein mathematischen Werks wird nun Jedermann, der nur genau zusehen will, sich überzeugen können, dass wir im Gegentheil die Stufe der rein analytischen Abstraction, wo sie in den Anwendungen überhaupt betretbar ist, als die höchste mathematische Gestalt und als den quantitativ bestimmtesten Ausdruck der Thatsachen überall bevorzugen. Beispielsweise sehen wir die Graphik innerhalb der Analysis als Krücke an, die bei gesunden Beinen wegzuwerfen ist. Allein auch jene unschuldigere Graphik, die sich in der Physik eingebürgert hat und in dem uns zunächst liegenden Gebiet Temperaturen, Spannungen und Wärmemengen veranschaulicht, gilt uns als Gängelband. Sie ist ein Mittel, dem Mangel an unmittelbarer rechnerischer Uebersicht über den Lauf analytischer Functionen nachzuhelfen, für den in der unmittelbaren analytischen Vorstellungsweise Erstarkten aber nur ein lästiger Umweg. Sie bringt nicht nur neue Wörter und einen Sprachgebrauch mit sich, der leicht zum scholastischen Jargon entartet, sondern lenkt auch sachlich von den directen Beziehungen auf vermittelnde Bilder ab, die neben dem, worin sie passen, doch auch etwas an sich haben, was zu der ganzen natürlichen Beschaffenheit des Gegenstandes nicht zu passen braucht. Letzteres ist beispielsweise der Fall, wenn in dem Verhältniss graphischer Coordinaten die Richtung der zwischen den Grössen obwaltenden ursächlichen Beziehungen nur einseitig oder gar nicht zum Ausdruck kommt.

Die Gleichungen an sich selbst nöthigen zu derartigen Einschränkungen des Vorstellens nicht; wenigstens kann man ihnen immer nach Bedürfniss eine der Begriffsallgemeinheit entsprechende Gestalt geben. Wir selber haben demgemäss von graphischen Mitteln in der Physik bisher noch keinen Gebrauch gemacht; wir werden daher auch nicht leicht von Isothermen u. dgl. reden, sondern annehmen, dass wir ohne solches Zwischenwerk für Denjenigen, der unmittelbar und analytisch zu denken entschlossen ist, zugleich kürzer und deutlicher sein werden.

Wir wollen hier jedoch nicht das Thema der physikalischen Graphik erschöpfen, also auch nicht über etwaige Ausnahmefälle entscheiden, in denen aus besondern Gründen, wie Angesichts eines nur als sehr willkürlich und sehr zufällig gegebenen Laufs von Daten, die Wiedergabe einer Tabelle durch eine Curve den Bemühungen um eine empirische Formel praktisch auch einmal vorzuziehen sein mag. Hier kam es uns nur darauf an, unser grundsätzliches Verhalten zu jeglicher Art von Graphik als äusserliches und leicht fassliches Merkmal dafür anzuführen, dass wir überall für die Beziehungen die unmittelbarsten und abstractesten Formen, also den Ausdruck in analytischen Functionen als den zugleich wissenschaftlichsten und klarsten bevorzugen. Weit entfernt also, das analytische Fortschreiten selber als eine Ungehörigkeit anzusehen, suchen wir vielmehr darin den am meisten systematischen Ausdruck für die Darlegung aller Beziehungen, mögen diese nun ihren Grund in etwas haben, was über dem Analytischen liegt, oder zu Folgen führen, die durch Specialisirung aus dem Analytischen gewonnen werden.

Wer neue Fundamente zu einer Lehre von den allgemeinen Functionseigenschaften entworfen und dabei gelegentlich einen Unterschied von Sachfunctionen und Rechnungsfunctionen scharf markirt hat, sollte wohl etwas tiefer in den Zusammenhang des allgemeinen formellen Functionensystems mit dem materiellen Functionensystem der Natur geblickt haben, als Diejenigen, die, wie die heutigen physikmathematischen Scholastiker, ihre analytischen Hülsen brauchen, indem sie nicht blos vom Kern, sondern auch von der Schaale kein zureichendes Verständniss haben. Wie die Darstellung in Wörtern und Sätzen, so muss auch die analytische Ausdrucksweise der Gedanken einen Stil haben und zwar in der eminenten Bedeutung des Worts, d. h. einen solchen Stil, welcher Sinn und Sinnesfassung des Darstellenden kenn-

zeichnet. Nun haben wir zwar oft Gelegenheit gehabt, auf viel analytisches Geschwätz hinzuweisen, welches sich zwecklos erging, — aber den analytischen Stil, die gesetzte und einer ernsten Aufgabe angemessene Gangart, die haben wir bei den fraglichen Mathematisten in deren Formelluxus und analytischem Flitterkram nicht angetroffen.

Der Gegensatz, um den es sich bei uns handelt, ist hienach nicht der von Analysis und Abstandnahme von ihr, sondern der von natürlichem und von verkehrtem Gebrauch dieses mächtigen Werkzeugs. In unserm mathematischen Buch haben wir grade diesem Werkzeug neue Fundamentalmittel eingefügt und die reine Mathematik, ja die reine Analysis, sowohl in den Grundlagen als in speciellsten Sätzen, theils erweitert, theils geschickter gemacht, unzweideutige und zuverlässige Ausgangspunkte für eine völlig zu klärende Physik abzugeben. Dort kann man auch die thatsächlichen Proben dafür finden, was wir unter einem natürlichen analytischen Stil verstehen und wie wir uns die zugleich einfachste und abstracteste Gangart der functionellen Analysis denken.

Verbleibt dort auch Alles grundsätzlich auf rein mathematischem Gebiet, so dass nicht einmal die Grenze zur Mechanik hin überschritten wird, so hindert dies nicht, den Contrast in der Handhabung der Analysis wahrzunehmen, der zwischen unserm Verfahren und dem von uns auch in den Anwendungsgebieten signalisirten Unfug besteht. Die neumodischen Pseudophysiker, unter ihnen namentlich die sich als Vertreter mechanischer Wärmetheorie aufspielenden, haben mit der Analysis und Algebra unverantwortlich verworren hantirt und die Sprache in algebraischen Zeichen durch ihre Manieren zu etwas schwer Qualificirbarem herabgewürdigt. Nicht blos dass, wie zuvor gesagt, jeder Stil fehlt, — nein, es sind solche Kriterien noch zu hoch gegriffen. Analytisch kritzeln heisst noch nicht schreiben, und eine Composition von algebraischen Zeichen kann in ihrer Art ebenso widerliches Geträtsch und ebenso hohles Gewäsch sein als die gemeinste sprachliche Auslassung. Ja, die Versuchung und Gelegenheit zur Niaiserie ist hier für die hohlen Naturen noch einladender; denn hier verbirgt sich das Hässliche und Unfruchtbare weit leichter, da der zureichenden Kritiker, bei der abstrusen Gestalt des Gegenstandes, nicht zu viele sein werden. Wer nämlich auch das Urtheil hätte, wird doch oft die

Last scheuen, der analytischen Schwatzhaftigkeit in ihre Behausung zu folgen und sich mit ihren Verlautbarungen näher einzulassen.

Auf diese Weise können, zumal unterstützt von der universitären Scholarchenautorität ihrer Urheber, die mathematisch physikalischen Verkehrtheiten lange unangefochten ihr Wesen treiben. Wir haben uns aber jene Last nicht ganz ersparen können; denn Aufgaben von schöpferischem wie von reformatorischem Charakter haben uns in der Mathematik wie in der Physik grossentheils gegen die herrschenden Zustände vorwärts getrieben und uns hiebei bisweilen eine kritische Befassung auch mit untergeordneten, läppischen und widerlichen Dingen auferlegt, auf deren Berührung wir gern verzichtet hätten. Das Werk über die neuen Grundmittel hat sich mit der Erledigung des zu dem alten Wissensbestande Hinzugeschaffenen zu einem Programm für die Reform der gesammten Mathematik gestaltet. Die verzeichnete Reform des Lernens und Lehrens ist davon nur eine Consequenz zweiter Ordnung; die Hauptreform bezieht sich auf den Bestand des Wissens selber und auf die Forschung.

In unserer physikalischen Schrift ist zwar auch ein Reformprogramm durch Einfügungen an verschiedenen Stellen sichtbar gemacht, und unser gegenwärtiges Capitel dient auch gewissermaassen einer Zusammenfassung desselben. Indessen hatten und haben wir nach der ganzen Anlage dieser Schrift, deren Hauptaufgabe die Darstellung einer Anzahl neuer Gesetze ist, nicht die Gelegenheit und den Raum, ausführlich und systematisch einen ganzen Reformentwurf mit den erforderlichen Einzelheiten darzulegen. Darum ist es denn auch um so wesentlicher, dass Alles, was in der Physik die mathematischen Vorbedingungen ihrer guten Gestaltung betrifft, sich als in den Neuen Grundmitteln theils erledigt theils vorbereitet in Bezug nehmen lasse.

5. Ginge es nach den Parolen unserer Feinde, so würde das mathematische Werk für die Physiker nicht im Mindesten in Betracht kommen. Man versucht nämlich gegen unsere Grundmittel ein ähnliches Spiel, wie man es ebenfalls gleich von vornherein gegen die erste Folge der Grundgesetze getrieben hat. Letztere sollte nichts Neues enthalten. Von dem mathematischen Werk würde man völlig dasselbe ausstreuen, wenn man von einer Verrufung, die eine Kleinigkeit darin gelten lässt, sich nicht bessern Erfolg verspräche. Man ist durch die schliessliche Ver-

geblichkeit der frühern Anstrengungen gewitzigt und hütet sich, das Allerhandgreiflichste, was auch der unzulänglichsten und plumpesten Auffassung nicht entgehen kann, ganz und gar weglügen zu wollen. So ist denn in aller Stille von den tonangebenden Autoritätchen gleich nach dem Erscheinen im Jahre 1884 ausgestreut worden, es sei eigentlich gar nichts darin, ausser etwas Geringfügiges zu den Gleichungen. Nun, da hätten denn allenfalls ein paar Algebraisten ein wenig Grund, aber sicherlich die Physiker als solche keine Ursache, einen Finger danach aufzuheben.

Wir selbst würden über die Dreistigkeit solcher Verhehlungen erstaunen, wenn wir nicht eine gar zu ausgiebige Erfahrung hinter uns hätten und uns auch noch erinnerten, was man Alles zur nachträglichen Discreditirung unseres mechanischen Werks versucht hat. Diesem ist bekanntlich, als man seinen Verfasser noch nicht kannte, das ungewöhnlichste Lob zu Theil geworden, — nachher aber, als man ihn kannte, nie wieder irgend ein Lob, wenigstens nicht aus den autoritären Kreisen, wohl aber das Gegentheil und verschiedene, freilich vergeblich gebliebene Bemühungen, es nach den verschiedensten Manieren im Werthe herabzusetzen. Selbst die armseligsten Mittelchen verschmähte man dabei nicht, indem man fälschlich den Schein zu erregen suchte, es gehöre nicht in die Mechanik, sondern unter die Philosophiebücher. Wie auch die Göttinger selbst 1877 öffentlich sich angestrengt haben, das frühere Urtheil nach Möglichkeit zurückzunehmen, das kann man im 4. Cap. der ersten Folge zur Ergötzung wieder nachlesen.

Das Beste an solchen Machinationen ist, dass sie auf die Dauer gegen uns nicht vorgehalten haben. Hier und da haben sich Unkundige einmal täuschen lassen; aber die Bücher haben sich trotz des Verrufs immer Bahn gebrochen, die Nachhaltigkeit unserer Sache ist gewachsen, und auch jetzt sieht es mit den bereits wahrnehmbaren Wirkungen des mathematischen Werks nicht danach aus, dass jene kläglichen Praktiken seine Anerkennung bei dem weiterstrebenden und freierdenkenden Publicum hinderten. Am possirlichsten aber ist es, dass sich das Buch noch eines andern kauflustigen Publicums erfreut, nämlich eben der Leute, die im Stillen die Parolen dagegen ausgeben und ebenso still es selber benützen. Auch die Grundgesetze erster Folge wurden ja als nichtsnutzig verfehmt und doch in demselben

Lager und theilweise sogar in demselben Personenkreise, von dem auch Bann und Acht kamen, arg ausgenützt, und wir haben die Benützungsart im vorigen Capitel wohl hinreichend illustrirt.

Verwundern darf übrigens die allgemeine Thatsache nicht, dass zur Ehrenentwendung durch Aneignung auch die vorgängige Verhehlung, grade wie das nachträgliche Hehlen Seitens Anderer durch Verschweigung, zusammengehörige Dienste leisten muss. In der Bücher- und Gelehrtenwelt sind die Dinge nicht etwa besser, sondern nur raffinirter gestaltet und tragen nur nicht genau dieselben Namen, wie im gemeinen Leben. Die vulgäre Wahrheit aber, dass zum Stehlen auch das Hehlen gehört, und dass die Stehler ohne die Hehler nicht bestehen könnten, ist eine völlig allgemeine. Die Namen der betreffenden Qualificationen mögen nach einer Art Höflichkeitsübereinkunft immerhin variiren; der Charakter der Thatsachen ist leider widerspenstig und thut es nicht.

Doch genug vom Hehlen und Verhehlen; den Mitteln der Lüge begegnet man am besten durch vollste Offenlegung des Sachverhalts. Der Inhalt des mathematischen Werks ist nun so einfach gegliedert, dass die Bezeichnung dessen, was den Physiker als solchen vornehmlich angeht oder nicht angeht, nicht schwerfällt. Mit den Ausführungen, welche sozusagen die Mitte des Buchs einnehmen, nämlich mit den auf die besondere Behandlung der niedern und höhern Gleichungen bezüglichen, standen wir selbstverständlich naturwissenschaftlichen Anwendungen am fernsten. Trotzdem werden die hier bethätigten Grundmittel formell überall, wo Gleichungsbearbeitungen zu sachlicher Anwendung gelangen, auch eine Veränderung in der Auffassungs- und Gliederungsart der Thatsachen mitsichbringen. Mit den speciellen Erweiterungen sind wir über den Standpunkt Abels und Galois, mit den allgemein methodischen über den Lagranges in der Algebra hinausgegangen und haben neue Mittel, Wege und Ergebnisse offengelegt. Wir sagen dies nur, damit sich der Kenner durch Vergleichung überzeugen könne, was es mit den Parolen über einen kleinen Beitrag zu den Gleichungen für eine Bewandtniss habe.

Stände auch von der ganzen höhern Algebra in dem Buche nichts, so würde doch allein sein übriger Inhalt den ersten erheblichen Fortschritt einschliessen, den die Mathematik als Ganzes seit Lagrange über diesen hinaus gemacht hat. Hier

können die einzelnen Bestandtheile, auf denen dieser Fortschritt beruht, nicht auseinandergesetzt werden, denn sie beziehen sich grossentheils auf reine Mathematik und zwar zunächst in deren analytisch abstractester Gestalt. Hier kann nicht die neue Rechnungsart mit Werthigkeiten, hier nicht deren neue Grundlagen im Negativen und in der Beherrschung des Imaginären, hier nicht die neuen Vereinfachungen und Verallgemeinerungen zu den Sätzen über die Integrationswege und am allerwenigsten der neue Gebrauch der Taylorschen Reihe oder das, was über allgemeine Eigenschaften der Functionen neu gefunden oder auf neue Weise bewiesen worden ist, — hier können und dürfen Dinge von solcher Art auch nicht mit der kürzesten Kennzeichnung bedacht werden. Auch die Vorschiebung der neuen analytischen Mittel in das Gebiet der Geometrie gehört an sich und unmittelbar nicht hieher; wohl aber enthalten die Grundmittel auch wesentliche Bestandtheile, von denen man auch nach den herkömmlichen Begriffen ohne Weiteres einsehen kann, dass sie zu den Anwendungen in der Physik in der intimsten Beziehung stehen. Ich will daher nicht davon reden, dass es auch für Mechanik und Physik nicht ganz gleichgültig ist, wie sich die analytische Theorie des Negativen und der davon abhängigen Functionswerthigkeiten gestaltet, ob also Jemand davon nebelhafte und mystische oder aber klare Begriffe hat und demgemäss auch in den naturwissenschaftlichen Anwendungen bezüglich des entsprechenden Sachverhalts der Dinge sicher denkt und verfährt. Derartige Vortheile werden am entschiedensten erst dann hervortreten, wenn die Physik in einigen ihrer noch gar dunkeln Gebiete, namentlich bezüglich der Auffassung der Elektricität, fundamentale Verbesserungen erfahren haben wird. In unserm Zusammenhange gilt es aber keine Prognose, sondern eine Hinweisung auf greifbar Gegenwärtiges.

Nun muss Jeder, der in physikalischen Differentialien ernsthafte Untersuchungen angestellt hat, wissen oder doch mindestens empfunden haben, dass hier die alte mathematische Ueberlieferung, gelinde gesagt, nicht ausreichend ist. Schon wer nichts weiter will, als fertige Deductionen dieser Art in sich aufnehmen, wird, wenn er überhaupt denkt und blosse Abrichtung verschmäht, das Widersprechende und Unsichere bemerken, welches den herrschenden Rechenschaften über die physikalischen Differentialbegriffe und Differentialproceduren anhaftet. Der Fehler liegt

hier nicht erst an der Physik, sondern schon in der reinen Mathematik, und hier haben wir nun so durchgreifend aufgeräumt, dass, verglichen mit unsern verbesserten Begriffen und Mitteln, sogar der Standpunkt Lagranges sich theilweise als ein unentschiedener und nicht klarer kennzeichnet, von der praktischen Brauchbarkeit dieses Standpunkts ganz zu schweigen. Grade Lagrange haben wir aber überall als den letzten grossen und gediegenen Vertreter des erreichten Gesammtzustandes der Mathematik geehrt und gegen Diejenigen hervorgehoben und vertheidigt, deren Namen sich inzwischen, besonders auf deutschem Boden, wie beispielsweise der Gaussische, weit über Gebühr und Verdienst breitgemacht haben. Lagrange hatte der Analysis doch noch ein neues wesentliches Mittel eingefügt, die Variationsrechnung, — ein Mittel, welches praktisch ausserhalb der Mechanik, wo es von seinem Urheber bethätigt worden, auch noch andere Dienste, nämlich für die eigentliche und specielle Physik in Aussicht stellt. Seit der Schöpfung jenes neuen methodischen Mittels ist nun nichts tiefer Eingreifendes von ähnlich principieller und methodischer Bedeutung vorgebracht worden, und wir sind die ersten gewesen, die mit den Grundmitteln, die sich um die Werthigkeitsrechnung und um die Functionseigenschaften gruppiren, etwas allgemein Bahnbrechendes unternommen haben.

6. Grade deswegen müssen wir aber hier auf denjenigen Bestandtheil der Unternehmung, der das Verständniss und die Handhabung der physikalischen Differentiale und der zugehörigen Functionen betrifft, besonderes Gewicht legen. Im Gesammtzusammenhang des mathematischen Werks ist er eben nur ein Bestandtheil neben andern; für den Physiker aber hat er eine verhältnissmässig grössere Bedeutung. Wie übel es bisweilen, und zwar auch bei nicht unansehnlichen Capacitäten, mit der Auffassung sachlich-analytischer Darlegungen bestellt sei, und wie der gewöhnliche Schlag der Autoritätchen derartige Missverständnisse Generationen hindurch nicht merkt, davon haben wir ein Beispiel von historischer Bedeutung aufgedeckt und gegen Ende unseres mathematischen Buchs, als für die Zustände kennzeichnend, kurz aber zureichend analysirt.

Bis auf uns hatte nämlich unangefochten ein paar Generationen hindurch die Meinung geherrscht, Poinsot habe ein nicht unwesentliches Verfahren in Lagranges Mechanik als irr-

thümlich nachgewiesen und durch ein eignes verbessert. Herausgeber der Lagrangeschen Mechanik, wie der Pariser Akademiker Bertrand, wiesen auf den Fehler hin und druckten die betreffende Poinsotsche Abhandlung als berichtigenden Anhang mit ab. Nun haben wir für Jeden, der es untersuchen will, unter schärfster Zuspitzung der erforderlichen Unterscheidungen nachgewiesen, dass sich Poinsot, obwohl eine ansehnliche Capacität, hier ein arges und noch dazu geometrisches Missverständniss des bei Lagrange in vollkommenster Ordnung Befindlichen hat zu Schulden kommen lassen, indem er den geometrischen Sachsinn von Lagranges Anordnung nicht verstand, vielmehr derselben seine eigne, damit von vornherein unvereinbare Missvorstellung unterschob.

Diese Fehlerandichtung nebst angeblicher Berichtigung höchst geschraubter Art hat Menschenalter gegolten, ist Geschichte geworden und würde wohl noch heute ganz ungestört fortvegetiren, wenn wir nicht dahintergekommen wären und sie als ein Zeugniss einerseits für gewisse wirkliche Schwierigkeiten in der Auffassung des bisherigen Analytischen, andererseits für die vereinigte Unfähigkeit, Oberflächlichkeit und Indolenz der controlirenden Autoritätchen aufs Korn genommen hätten. Den Typus allgemeiner Zustände nur im Allgemeinen charakterisiren, nützt bei Weitem nicht so viel, als hervorragende Einzelfälle auffinden und dem Publicum sichtbar machen. Letzteres trifft freilich die schuldigen Kreise auch unsanfter, selbst wenn sie nur indirect und als Gruppe oder Classe betheiligt wären. Blos generelle Schande kann bisweilen den Einzelnen stark in Mitleidenschaft ziehen, und so erklärt es sich, dass die erschütternden und aufrüttelnden Wirkungen von kritischen Thatsachen, welche die Gegend wie Blitze erhellen, professionelle Liebhaber des alten Dunkels vorfinden, welche sich einbilden, sogar Donnerschläge wegtuscheln zu können. Nun, man mag es, wie es nach den Symptomen schon den Anschein hat, damit versuchen, jenen Poinsot-Lagrangeschen Fall durch Entstellung des wahren Thatbestandes zu beschönigen; man mag alle Wendungen der Lüge und der Advocatie schlechter Sachen aufbieten; man mag zur grössern Ehre der eignen Misère wohl gar uns selber das Unterscheidungsvermögen, sei es im fraglichen Fall, sei es unseretwegen auch allgemein, dreist absprechen, — man wird dadurch die traditionelle Unehre der Sache

nicht loswerden, sondern im Gegentheil zu dem einen historischen Stückchen nur noch ein schlimmeres fügen.

Mit solch einem weiteren Stückchen haben wir uns jedoch nicht vorwegnehmend zu befassen; wir können es abwarten. Das Publicum aber hat Ursache, selber zuzusehen und sich durch Nachlesung zu bestätigen, welche Mystification ihm Diejenigen zugedacht haben, die es, Angesichts unserer Rechenschaft, doch noch für das Gegentheil überreden wollen. Die allgemeine Nutzanwendung in unserem jetzigen Zusammenhange ist aber nicht das Geringfügigste an der Sache. Stand es übel mit der Auffassung des analytisch Mechanischen, wo nicht Altes, sondern neue Wendungen vorlagen, Seitens einer in ihrer Art achtbaren Capacität, danach aber noch weit übler mit der Fähigkeit der betheiligten Gelehrtenwelt zur Controlle, so kann es nicht überraschen, dass es im Gebiete der eigentlichen Physik, die mathematisch noch bei Weitem nicht so wohlconstituirt ist wie die rationelle Mechanik, mit dem Verständniss noch weit dürftiger bestellt sei. Alle unsere Kennzeichnungen der Pseudophysik und physikalischen Charlatanerie, die wir zunächst mit äusserlichen Beispielen erläutert haben, erfahren auf diese Weise eine innere Bestätigung aus den Nothwendigkeiten der überlieferten Situation. Man kann nun nicht blos sehen, d a s s sie Thatsachen sind, sondern auch begreifen, w i e sie Thatsachen werden konnten.

Lassen wir jedoch das Unliebsame, was ist, und wenden wir uns zu dem Bessern, was werden kann, nachdem die Augiasbehausung der Mathematik einmal ernsthaft gesäubert und überdies positiv dafür gesorgt worden ist, dass nebenbei auch die Nachwehen der Vergaussung, einschliesslich des zugehörigen sonstigen Böotierthums, in den folgenden Generationen geheilt werden können. Wir bemerkten schon oben, dass der Physiker, der die Mathematik als ein Werkzeug beherrschen will, es mit dem sachlichen Sinn der analytischen Verfassung physikalischer Functionen bis in die kleinsten Einzelheiten hinein sehr ernst und genau nehmen müsse. Wir wiesen, als auf den zunächst wichtigsten und einfachsten Fall, auf den der physikalischen Differentiale, Differentialquotienten und ähnlichen Elementarfunctionen hin. Die Welt der reinen Mathematik, wie sie sich heute gewöhnlich gestaltet findet, ist mit ihren der Praxis entfremdeten Schulbestimmungen der entsprechenden Begriffe hier so gut wie un-

brauchbar. Wer tiefer eingehend oder gar schaffend in der mathematischen Physik arbeitet, muss sich wie in einer andern Welt finden und von den Begriffen, die ihm die mathematische Verschulung über den Sinn der Differentiale und zugehörigen Functionen sozusagen angethan hat, einen beträchtlichen Theil über Bord werfen, einen andern aber erst zurechtrücken. Von den traditionellen Widersprüchen und Unsicherheiten will ich gar nicht reden; diese sind beiden Gebieten, der Physik wie der Mathematik, ziemlich auf dieselbe Weise gemein; wohl aber hat der Physiker stets den Vortheil vorausgehabt, durch die Natur der Sache zu bestimmteren und etwas weniger chimärischen Vorstellungen genöthigt zu werden.

Die Physiker haben schon früher meist mehr an kleine Differenzen gedacht, wo die Mathematiker von der logischen Chimäre und dem Aberglauben des Unendlichen gefoppt wurden. Die Vorstellungen von den physikalischen Differentialen tragen daher verhältnissmässig mehr Wirklichkeitsstempel, welchen Tort ihnen auch immerhin eine mathematische Metaphysik oder sonstige Geistesalchymie angethan haben möge. Zwar grassiren in der Rechenschaft von ihnen die alten Verzerrungen; aber die Natur wehrt sich, und die Vorstellung von kleinen Differenzen und ihren functionellen Verhältnissen bleibt der Kern, mit welchen erdichteten Nebenbegriffen er auch umsponnen werde. An diesen Kern denkt jedoch der reine Schulmathematiker herkömmlich nicht, weil ihm in der scholastischen Arbeitstheilung und bei der chinesenhaften Absonderung seines Einzelgebiets die Erfordernisse der physikalischen Wirklichkeit entschwunden sind. Er ist daher der Regel nach wenig geeignet, die Grundsätze für einen wirklich praktischen Unterricht aufzufinden oder die aufgefundenen auch nur zu würdigen. Der Physiker könnte ihm hierin nachhelfen und die Einseitigkeit etwas verbessern, freilich nur dann in gehörigem Maasse, wenn er selbst sich die gesunderen Begriffe noch nicht allzusehr hat verkümmern lassen.

Unbedingt entscheidend wird aber nur das sein können, was für beide Gebiete einen gemeinschaftlichen Ausgangspunkt gleichzeitiger und übereinstimmender Verbesserung bietet. Das rein Begriffliche wie das Thatsächliche und Praktische fordern ein gleiches Recht und eine Harmonie, in der sich die rein theoretischen Widersprüche ebenso wie die praktischen Unbe-

quemlichkeiten ausgeschlossen finden. Die Schaffung dieses Rechts und zwar in der vollständigsten Weise, welche in der fraglichen Hinsicht nichts zu erledigen übriglässt, hat nun einen der Bestandtheile unserer mathematischen Arbeit ausgemacht. Grade die physikalischen Anwendungen sind dabei, obwohl nicht besonders behandelt, doch von vornherein ins Auge gefasst. Auf die völligste Bestimmtheit der sachlichen Vorstellungen kam es an, und diese ist durch die Abstreifung der letzten Reste von Erdichtung und Widerspruch, sowie durch positive Wendungen neuer Art erreicht worden. Das auch für die Physik gültige Endergebniss hievon hat nun eine Vereinfachung sein können, derzufolge es nie und nirgend etwas Anderes in Betracht zu ziehen giebt, als kleingewählte Differenzen. Diese sind stets in bestimmt gewählter Grösse zu denken, können aber, oder können auch nicht, die Eigenschaft haben, dass ihre Kleinheit in unbeschränkter Weise bestimmbar sei. Ist Letzteres der Fall, so kann ausser denjenigen Functionen, die sich unmittelbar auf sie beziehen, auch noch eine zweite Art von Functionen ins Auge gefasst werden, deren Werthe jenseit derjenigen der Functionen unbeschränkt kleiner Differenzen liegen. Diese streng dem Nullfall entsprechenden Functionen werden aber in grundsätzlicher Unterscheidung von Differentialquotienten und andern Differentialfunctionen für die physikalische Analysis nur ausnahmsweise in Frage kommen. Es muss daher als Regel gelten, stets unmittelbar mit den kleinen Differenzen zu rechnen und sie auch qualitativ und sachlich als solche gelten, also nicht etwa verschwinden zu lassen.

Wer von diesem, der Natur der Sache völlig entsprechenden System ausgeht, wird überall, aber namentlich den physikalischen Functionen gegenüber, den Vortheil haben, bei den Zeichen der Differenzen je nach Convenienz grosse oder kleine Grössenstücke, bestimmt fixirte oder verschieden bestimmbare, also auch unbeschränkt bestimmbare denken zu können. Auf diese Weise wird oft dieselbe Formel die Hindeutung auf nur unerheblich abgeänderte Beziehungen einschliessen, die man sonst nicht gewohnt ist, bei den Differentialien mit vorzustellen. Ueberdies befindet man sich dabei immer inmitten realer Verhältnisse und tritt aus diesen selbst da nicht heraus, wo sonst der Uebergang zur Nullgrenze diesen Schein erregt und eine Art Sprung enthält. Das Verhältniss der kleinen Differenzen kann nämlich

alsdann durch ein solches ersetzt werden, in welchem die unabhängige Differenz im Nenner des Quotienten die Grösse der Einheit erhält. Hiebei wird die Differenz im Zähler zu derjenigen Differenz und Aenderung, welche die Function annehmen würde, wenn sie gleichförmig, d. h. linear nach Maassgabe des dem Nullfall entsprechenden Quotienten, fortgeschritten und zwar soweit fortgeschritten wäre, als der Vermehrung des Arguments um eine Einheit entspricht. Die kleinen Differenzen sind alsdann aus der Vorstellung des Verhältnisses beseitigt, nicht aber durch Nullen, sondern durch grössere Differenzen ersetzt, deren eine die bei dem Argument beliebig gewählte Einheit und deren andere irgend eine Anzahl Einheiten von der Gattung der abhängigen Grösse ist.

Hier ist natürlich nicht der Ort, jene Haltung im Denken und Operiren an physikalischen Beispielen auszuführen; denn wir weisen nur auf den Kern der im mathematischen Werk gegebenen und bezüglich der Physik wenigstens vorbereiteten Methoden hin, und eine Uebertragung in das speciell Physikalische würde sozusagen ein ganzes System besonderer Durchführung erfordern. Wer den Geist der Sache vollkommen in sich aufgenommen hat, wird die Uebertragung sicherlich auch selber ausführen, wenigstens soweit ihn Gelegenheit und Bedürfniss der besondern Aufgaben dazu veranlassen. An Eines möchten wir, ehe wir den Gegenstand verlassen, den Physiker jedoch noch nebenbei erinnern. Es sind die thermischen, besonders aber die im engern Sinne calorischen Functionen, deren analytischer Ausdruck vornehmlich lehrt, welche Schwierigkeiten und Mängel einer sachlichen Deutung anhaften, vorausgesetzt, dass eine solche überhaupt unternommen wird. Hieher wende man sich nun vornehmlich, wenn man Merkmale und Beweise dafür sucht, dass bei dem gegenwärtigen Stande der Behandlung der Analysis jenes principielle Klärungsmittel von Nöthen ist, auf welches wir vorher hingewiesen haben.

7. Einige wesentliche Grundlagen zum Verhältniss von Mathematik und Physik in ihren bessern Bestrebungen sind in dem Vorangehenden bezeichnet. Im Hinblick hierauf darf man aber nicht aus dem Auge verlieren, was früher schon unwillkürlich mitberührt wurde, dass nämlich sachlich begriffliche Ausgangspunkte für beide Gebiete maassgebend sind. Diese Ausgangspunkte liegen noch höher als das rein analytische Niveau und geben den Formeln, d. h. den blossen Rechnungs-

begriffen erst einen bestimmten Sinn. Es ist daher unrichtig, von vornherein und im Allgemeinen zu behaupten, dass der Gebrauch gleicher Formeln auch immer für gleiche Auffassung und Bestimmung des Sachverhalts zeuge. Formeln können Jahrhunderte lang existirt haben, ohne dass man ihnen ihren vollständigen Sinn abgewann. Ein bedeutendes Beispiel hiefür ist die Gleichung der lebendigen Kräfte in derjenigen analytischen Gestalt, die von Lagrange am vollkommensten formulirt wurde. Erst durch das Mayersche Princip erhielt sie eine neue Auslegung, und wurde sie sachlich zur Gleichung der Arbeit oder allgemeiner der Distanzfunction. Hiemit brauchen aber alle Bestimmtheiten und Gesichtspunkte ihrer Auslegung noch nicht erschöpft zu sein, und wir haben im Capitel von den physikomechanischen Gesichtspunkten schon auf einen weiteren Sachverhalt hingewiesen.

Einerleiheit von Formeln an sich schliesst zwar immer eine gewisse arithmetische oder algebraische Gemeinsamkeit ein. Diese formelle Uebereinstimmung kann aber unter Umständen so äusserlich sein, dass sie in Vergleichung mit der Verschiedenheit des sachlichen Sinnes zur völligsten Bedeutungslosigkeit herabsinkt, während es natürlich im Gegensatz hiezu auch Fälle giebt, in denen die Formelconstitution selber die Hauptseite des Sinnes bereits kennzeichnet und daher als das eigentliche Werk angesehen werden muss. In jedem Fall hat aber der analytische Ausdruck einen ihm zugehörigen sachlichen Werth nur insoweit, als ihm ein Sinn irgend welcher Art bereits zugesellt ist. Sozusagen verborgene, nur durch Automatismus des unwillkürlichen Formelspiels hervorgekehrte Seiten eines neuen möglichen Sinnes und daran sich etwa anschliessende unbewusste Verallgemeinerungen sind keine Verdienste des Analytikers, sondern zeugen im Gegentheil von seiner sachlichen Schwäche, die vom Zufall geleitet wird und ihn nicht einmal immer zu benützen versteht. Der wahre Analytiker führt die analytischen Mittel zu ihrem Zweck und lässt sich nicht von ihnen führen. Er hat für den Zeichenausdruck stets eine Sinnesbestimmung zur Voraussetzung oder wenigstens zum Ziel; er bleibt sich daher auch bewusst, dass eine Formel, die er aufstellt, das, was sie für ihn und Andere sein soll, nur durch den Sinn sein kann, den er ihr ertheilt.

Die speciellere Zustandsgleichung, die wir durch Einführung der Molecülzahl gewonnen haben, liefert im Ganzen und in ihren

Elementen recht einfache Beispiele dafür, wie es mit dem Verhältniss von Formel und Sinn eine gar verschiedene Bewandtniss haben könne. Eine derartige Formel kann zunächst für Gase entworfen und begründet sein und sieht darum als Formel nicht im Mindesten anders aus, als wenn man schon die Erkenntniss des entsprechenden Sachverhalts für alle Aggregatzustände gewonnen hat und den analytischen Zeichen demgemäss einen erweiterten Sinn beilegt. Bei den Volumzeichen ist alsdann nicht mehr blos an Gasvolumina, sondern an Körpervolumina überhaupt zu denken, bei den Wärmedrucken nicht mehr blos an diejenigen, die sich in den Gasen bethätigen, und bei den Reductionen der Atomzahl auf die Molecülzahl nicht mehr blos an diejenigen Veränderungen, die man im Gasbereich voraussetzt oder kennt.

Thatsächlich sind wir zwar nicht auf dem Wege solcher Uebertragung zum Hauptpunkte, nämlich zu demjenigen gelangt, der dem Avogadroschen Gesetz entspricht; wir haben also nicht erst für Gase die Molecülzahl eingeführt und dann die analoge Erweiterung vorgenommen, sondern wir haben im Gegentheil im umgekehrten Gange bei den andern Aggregatzuständen die Nothwendigkeit erprobt, dass ohne Einführung der Molecülzahl das Gesetz des Zwischenvolumens seine universelle Tragweite nicht bewähren könnte. Dieser Gang der Auffindung steht aber dem nicht entgegen, dass wir zeigen, wie die Formel an sich, deren Sinn bei Gasen und namentlich für chemische Verbindungen sehr nahe liegt, nichts davon zu enthalten und zu verrathen brauche, in welchem Umfang sie geltend gemacht werden könne.

Greifen wir das ursprünglichste Element der Formel heraus, welches uns zu allen andern und namentlich zu dem Reductionsfactor der Atomzahl geführt hat, also das Zwischenvolumen u, so ist sein Ausdruck durch $v - x$ allerdings auch eine Formel, aber als Formel sicherlich nur von untergeordneter Bedeutung. Grade hiebei zeigt es sich recht, wie der zugesellte Sinn über die Hauptsache entscheidet. Auch die am meisten gegnerischen Ansichten haben, wie wir schon oben bemerklich machten, einen Abzug vom Volumen eingeführt, können also in diesem allgemeinsten, arithmetischen und algebraischen Sinne behaupten, dass sie, und zwar schon vor uns, dieselbe Differenzformel zu Grunde gelegt hätten. Ihr Formelelement und das unserige haben aber, wie theilweise schon oben gezeigt, jedes seinen von dem andern wesentlich verschiedenen Sinn. Unser x war von vornherein das

Molecülvolumen, nicht aber das vier- oder achtfache davon, wie bei den Kinetikern, die unter sich darüber handeln mögen, welches Vielfache jeglicher von ihnen beliebe. Herr Waals hat sich mit dem vierfachen begnügt; Herr Clausius, der ihm in der ganzen Sache nachgegangen, hinterdrein noch einmal so viel voraushaben wollen. Nun, das sind kleine Concurrenzen und Rivalitätchen, die unser x nicht berühren, geschweige uns selbst. Unser x hat nach Gründen und Folgen so wenig mit dem Waalsschen b zu schaffen, dass es nicht einmal absolut, sondern nur unter bestimmten Voraussetzungen annähernd, eine Constante ist. Auch sind es nicht erst die festen Körper, die uns seine Veränderlichkeit gezeigt haben.

Ein x im Bereich fester Körper, — das ist nun schon gar etwas Ungeheuerliches, wenn man den Waalsschen und überhaupt kinetischen Sinn der Formel vor Augen hat. Die Formel an sich thut es also nicht; wie sie in den Gründen, so ist sie auch in den Folgen eine andere gewesen; wie sie anders gezeugt ist, so hat sie auch andere Früchte getragen. Demgemäss hat auch die Verbesserung des Mariotteschen Gesetzes bei uns einen andern Sinn gehabt und dahin geführt, seinen wahren Kern bis in die festen Körper hinein nachzuweisen. Wie rückständig sind dagegen Herr Waals und die andern Kinetiker geblieben! Trotzdem dass wir sie durch die erste Folge dieser Schrift ein Stück mitfortgezogen, ist doch der kritische Punkt für sie noch wesentlich der Punkt geblieben, wo ihrer Formel der eigne Sinn gekommen aber auch zugleich ausgegangen war. Ueber diese Nachbarschaft von Flüssigkeit und Gas sind sie nicht hinausgerückt, und haben dort nicht einmal etwas aufzuweisen, was gehörig mit der Erfahrung übereinstimmte. Die Formel hat ihnen also nicht geholfen, da ihnen dazu derjenige Sinn fehlte, der uns weiter führte.

8. Der entscheidende Fortschritt ist immer da, wo neue Erklärungen nicht blos einen andern Rahmen für alte, bereits gesetzlich zusammengefasste Thatsachen liefern, sondern selber zur Aufdeckung neuer allgemeiner Thatsachen führen. In diese Richtung weisen die bessern Wege physikalischer Forschung, und in diesem Sinne haben wir von vornherein unsere Position genommen. Aus diesem Grunde musste auch ein bedeutender Theil unserer neuen Gesetze unmittelbar im Erfahrungsgebiet fussen und auch derjenige Theil, in welchem der Ausgang von den

höher belegenen Principien überwiegt, sich derartig gestalten, dass dadurch neue Erfahrungsthatsachen speciellster Art offengelegt wurden. In beiderlei Gattung ist die Verbindung mit dem Neuen der Erfahrung das Merkmal wirklicher Fruchtbarkeit und ernsthaften Weiterkommens. Das schlechte Gegenstück hiezu liefert der hohle und täuschende Physikbetrieb, der bei den Einen sich durch nutzlos empirisches und tastendes Kramen in Thatsachen oder allenfalls auch in dunkeln Beziehungen derselben, bei den Andern durch ein gradezu schädliches Kramen in compasslosen und unsoliden Speculationsgedanken kennzeichnet.

Eine im Aeusserlichen nicht unerhebliche Macht falscher Autorität findet ihr Interesse mit den schlechteren Wegen verknüpft. Die falschen Autoritäten sind so beschaffen, dass sie die freie Concurrenz des Bessern nicht aushalten können. Sie würden damit auf die Dauer nicht zusammenbestehen können und kämpfen daher für ihre schlechte Existenz mit den entsprechend corrupten Mitteln. Hieraus folgt nun, dass die Wege zur bessern Physik sich durch die blosse Angabe wissenschaftlicher Methoden nicht vollständig herstellen lassen. Soll nämlich der bessere Weg nicht blos nach Lage und Richtung bekannt, sondern auch wirklich gangbar werden, so sind auch die Hindernisse wegzuräumen, die ihn versperren. Die praktischen Haupthindernisse auf dem Wege der Wissenschaft sind nun die falschen Autoritäten, und ehe diese nicht gestürzt und mit ihrem Schutt weggeschafft sind, ist der Weg nicht rein und nicht prakticabel.

Nicht Ansehen und Autorität überhaupt sind im Wissenschaftlichen zu beseitigen, sondern nur das falsche Ansehen und die falsche, auf Monopol und erschlichenen Ruf beruhende Autorität. Ein Theil des übeln Zustandes der Physik erklärt sich grade daraus, dass die wahren Autoritäten mit ihrem durch natürliche Vorzüge erworbenen Ansehen möglichst verschwiegen, mit ihrem Einfluss zurückgedrängt und durch amtirende Tagespüppchen beschattet werden, die sich, soweit die Mittel der Täuschung nur irgend reichen wollen, die Verdienste wirklicher Grössen und Autoritäten aneignen. Eine wahre Geschichte der Wissenschaft lehrt dies auf jedem Blatt, welches in ihr umgeschlagen wird. Selbst den Namen zweiter und dritter Ordnung, also einem Sadi Carnot und Clapeyron gegenüber, ist so verfahren worden und wird noch heute so verfahren. Leute, die weder in der Physik noch in der Mathematik etwas geschaffen, sondern nur in For-

meln gewühlt, eignen sich die Verdienste jener Männer an, indem sie sich beispielsweise wie Urheber der Clapeyronschen Formel anstellen, so dass in den in ihrer Scholarchensphäre geschriebenen Lehrbüchern eine solche Formel gleich auf ihren Namen getauft wird. Solche Taufen sind aber nur Symptome von der Art, wie der falsche Namensruf auch im Uebrigen erkünstelt ist.

Man kann überhaupt als Regel annehmen, dass die falschen Autoritäten von der Plünderung der wahren leben. Ist dies nun schon historisch den Vorgängern gegenüber der Fall, so gilt es noch mehr den Zeitgenossen gegenüber, zumal wenn diese sich in keiner äusserlich begünstigten Stellung befinden, durch die sie den Monopolen das Spiel von vornherein verderben könnten. Beraubung ist alsdann zunächst fast unvermeidlich, und Jeder, welcher die bessern Wege geht und etwas erreicht, kann sicher sein, wenigstens vorläufig um das Seine gebracht zu werden.

Eine derartige Unsicherheit der Wege ist nun kein Aufmunterungsmittel, sie forschend zu betreten. Was man auch auf ihnen finde, des Besitzes d. h. der Ehre davon ist man nicht sicher. Giebt es auch einzelne Naturen, die sich auch durch so etwas nicht abschrecken lassen und trotzdem ihren Weg gehen, so genügt das nicht. Eine Anzahl gut beanlagter Köpfe wird offenbar nach den ersten Versuchen abgelenkt und muss bei der Einschlagung besserer Wege daran verzweifeln, sich geltend zu machen. Derartige Talente sind dann auf die eine oder die andere Weise für die gediegene Wissenschaft verloren, sei es dass ihnen überhaupt die wissenschaftliche Production verleidet wird und sie demgemäss auf Weiteres verzichten, sei es dass sie, moralisch weniger fest, sich mit dem Tross in den Kreisen der falschen Autoritäten verlieren und dort ihre Fähigkeiten in der Theilnahme an unwürdigen Künsten auf- und — untergehen lassen.

Um also die wissenschaftlichen Anlagen productiver zu machen und ihnen die bessern Wege zu eröffnen, ist der geistige Sturz der falschen Autoritäten in den Augen des freierdenkenden Publicums an sich noch nicht genügend. Es muss auch daran gegangen werden, diesen Autoritätchen ihr hauptsächlichstes Handwerk zu legen, welches in der Unterdrückung und Aneignung fremder Verdienste besteht. Zu der Eröffnung der bessern Wege gehört also auch jene Art von Beleuchtung, durch welche die persönliche Sicherheit auf den Wegen etwas an Chancen ge-

winnt. Eine sozusagen elektrische Beleuchtung ist, wo man noch nicht Tageshelle schaffen kann, das Nächstbeste, und wir glauben, dass unsere Art und Weise, das herrschende Dunkel auf den persönlich unsicher gemachten Wegen aufzuhellen, einigen Anspruch darauf habe, mit jener neuen physikalischen Lichtquelle verglichen zu werden. Man möge diese unsere Beleuchtungsart nur weiter einführen, man verbreite sie, und sie wird zum Hauptzweck das Ihrige mitthun.

Die Wege mit Dunkel überdeckt, welches besondere künstliche Beleuchtungsmittel erheischt, — das könnte stutzig machen; denn es liegt nahe, nicht die Nacht, sondern den Tag mit seinem natürlichen Licht vorauszusetzen. Woher kommt es nun, dass dies in der Wissenschaft noch nicht möglich ist? Dauert etwa die mittelalterliche Nacht noch fort? In allen Beziehungen gewiss nicht, aber in einer hat sie viel Dunkel hinterlassen. Auf ihre Zustände ist der Gelehrtenstand gepfropft, und dessen heutige Beschaffenheit erklärt sich zum grossen Theil aus dieser Herkunft. Ueberdies sind die Institutionen für diesen Stand auch an sich mittelalterlich genug; sie verstossen gegen Freiheit, Gerechtigkeit, Concurrenz und Bewegung. Ihre Gemäuer hegen das Dunkel, und dieses ist dem Treiben darin günstig. Das Anbrechen des Tages würde ihre Vernichtung bedeuten. In dieser Schrift ist jedoch nicht der Ort, diese äussere Seite der Erörterung von wissenschaftlichen Wegen mehr als blos zu berühren. Derartiges, so entscheidend es auch für den Fortschritt ist, verzweigt sich bereits in das sittliche, sociale und politische Gebiet. Hier hatten wir nur Rechenschaft davon geben müssen, warum wir dunkle und unsichere Wege und demgemäss die Erforderlichkeit einer besondern Beleuchtung vorläufig als die Regel voraussetzen.

Es ist etwas Anderes, die Hindernisse äusserlich forträumen und wiederum etwas Anderes, mit den innern Machtmitteln der Wissenschaft daran arbeiten, dass die Sperren zunächst geistig durchbrochen werden und in den Augen des Publicums ihr Ansehen verlieren. Nicht die erste, sondern die zweite Thätigkeit macht den Anfang und lässt den Denker und Forscher auch zum Pionier werden. Schaffen und Fortschaffen gehen Hand in Hand, wenn nicht blos neue Wahrheiten hingestellt, sondern auch die Wege zu weiteren neuen Wahrheiten gebahnt und dabei fest- und sichergemacht werden sollen. Wie wir nun an

unserm Theil in dieser doppelten Richtung wissenschaftliche Machtmittel entwickelt und zur Verfügung gestellt haben, dafür im Hinblick auf das Ganze und auf das Künftige zum Schluss nur noch einige specielle Hinweisungen.

9. Die wissenschaftliche Kraft zum Fortschritt steigert sich in bedeutendem Grade, wenn die Mittel verschiedener Wissenschaften sich in denselben Personen vereinigen und auf dieselben Gegenstände concentriren. Innerhalb der exacten Wissenschaften ist die Verbindung schaffender Thätigkeit in Mathematik, Physik und Chemie nicht leicht anzutreffen. Man sehe sich heute nur um, und man wird sogar für etwas weit Geringeres die Beispiele suchen müssen. Gesetzt, man stellt auch nur die geringfügige Forderung, dass ein Physiker, ich will nicht etwa sagen die Chemie erweitere, sondern nur die vorhandenen chemischen Kenntnisse in ihren subtileren Theilen insoweit beherrsche, um gelegentlich physikalischer Fragen davon gehörigen Gebrauch zu machen, — so wird man die Nichterfüllung dieser geringen Forderung grade bei modischen Autoritätsphysikern mit Händen greifen können. Ja, wenn man diese geringfügige Forderung auch noch weiter herabsetzt und nur chemische Bildung, versteht sich im Sinne der Geläufigkeit chemischer Denkweise, zum Merkmal macht, so werden jene tonangebenden Physiker, wenn man nur genau zusieht, sich noch immer als defect erweisen. Man halte beispielsweise Umfrage bei den Kinetikern und man wird entweder gänzlichen Mangel an Rücksicht auf die Chemie oder, wo einmal ausnahmsweise Berührungen mit ihr durch den Gegenstand unumgänglich gemacht worden, Verstösse gegen ihren Sinn vorfinden.

Im Anfang des Jahrhunderts und Angesichts der ersten rationelleren Entwicklung der Chemie zeichneten sich grade die bedeutendsten Forscher dadurch aus, dass sie das physikalische und das chemische Gebiet in sich vereinigten und durch die Combination der beiderseitigen Gesichtspunkte neue Wahrheiten zu Tage förderten. Seitdem sind nun die beiden Zweige des Naturwissens nicht etwa voneinander unabhängiger geworden, sondern im Gegentheil je länger desto mehr ineinander verwachsen. Nichtsdestoweniger ist aber die scholastische Arbeitstheilung auch in den Köpfen zu einem chinesischen Isolirsystem geworden, und es werden von den Zünften und für die Zünfte der Regel nach unchemische Physiker fabricirt, die sich nicht

mehr zu Hause fühlen, sobald ihnen die Behausung des chemischen Nachbars auch nur in Sicht kommt. Dieser mag, so denken sie, für die Chemie sorgen und braucht sich dafür um die Physik nicht zu bekümmern; für die Physik sorgen angeblich sie selber, und er kann sie von ihnen, ohne sie zu verstehen, als fertige Waare beziehen. Von diesem Zustande der Dinge zeugen auch noch die neusten Lehrbücher und zwar nicht etwa blos in Deutschland. Die Abpferchung in den Köpfen ist eine international allgemeine, und die Folgen davon spiegeln sich nicht blos im Zustande der Darstellung der Wissenschaft, sondern sind auch an dem verhältnissmässigen Fortschrittsmangel wahrzunehmen, der sich unter der Herrschaft dieser Abpferchungen und dieses Sperrbetriebes fühlbar macht.

Man wird daher nicht fehlgreifen, wenn man ernstere Erfolge zu einem erheblichen Theil auf Rechnung des Umstandes setzt, dass sich verschiedene Wissenschaftskräfte in demselben Kopfe vereinigt finden. Auch wir haben diesem Umstande einen ansehnlichen Theil unserer Errungenschaften zu danken. Man prüfe nur die verschiedenen Gesetze dieser zweiten Folge zunächst auf das, was sich in ihnen aus Physik und Chemie neu vereinigt findet, und man wird sich den Sachverhalt selber bestätigen. Wir unsererseits wollen nur an einige Hauptpunkte erinnern.

Gehen wir der Reihenfolge nach, so ist das Gesetz der Partialvolumina an sich und zunächst eine physikalische Wahrheit, zu deren Auffindung die mechanische und hydrostatische Denkweise mit dem Sinn für die Thatsachen und mit der Fähigkeit zu deren leichter rechnungsmässiger Combination zusammenwirkten. Die positive Wahrheit war hier um so schwerer zu finden, als das herrschende Vorurtheil für die Partialdrucke, also eine verborgene Abirrung von der strengen mechanischen Denkweise, entgegenstand und noch obenein durch eine alte, sonst so vorzügliche Autorität, wie die Daltonsche, gestützt wurde. An sich hat das Gesetz einen rein physikalischen Charakter, aber seine rationelle Ableitung führte uns schon ins Chemische, indem wir es dabei mit dem von uns verbesserten Avogadroschen Gesetz in Beziehung zu bringen hatten. Vollends machte aber die Ausführung der angeschlossenen allgemeinen Mischungstheorie die Bethätigung chemischer Gesichtspunkte zur

Gestaltung des Physikalischen und zur Auffindung der beiderseitigen Wechselbeziehungen nothwendig.

Im Annäherungsgesetz für die correspondirenden Verdampfungswärmen macht sich die Verknüpfung mit dem chemischen Gesichtspunkt schon äusserlich dadurch bemerklich, dass in der Formel das Moleculargewicht enthalten ist. Doch wollen wir hierauf nicht weiter Gewicht legen. Der Fortschritt von dem ursprünglichen Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen, bei welchem schon gewisse Verhältnisse der Verdampfungsgrenzen und specifischen Factoren auf die chemische Constitution zurückgeführt wurden, — der Fortschritt von diesem wesentlich physikalischen zu einem specifisch chemischen Siedegesetz zeigt im vollsten Maasse, wie beiderlei Denkweisen und Mittel gleichmässig zur Bethätigung gelangt sind. Im chemischen Siedegesetz ist sogar eine gleichwerthige Wechselbeziehung erkennbar, indem die physikalische Eigenschaft, d. h. die Lage der Siedepunkte, durch die chemische Eigenschaft, d. h. durch die Festigkeit der Verbindungen bestimmt, aber auch umgekehrt auf die letztere von der ersteren her ein Rückschluss ermöglicht wird. Nebenbei bemerkt, sieht man hieraus, dass chemische Physik und physikalische Chemie noch voneinander unterscheidbar sind, und dass bei der Vereinigung der chemischen und der physikalischen Gesichtspunkte in zwei Richtungen gearbeitet werden muss.

Das Gesetz der Affinität der Werthigkeiten ist ein rein chemisches. Es greift in die subtilsten Gebiete der Chemie ein und ergänzt die modernste Lehre derselben, die der Atomverkettung. Hier war also ausschliesslich auf dem Boden der Chemie selbst vorzudringen und mit den entlegensten Mitteln derselben, an deren bedeutendstem Räthsel, der Werthigkeit, zu arbeiten. Ein physikalisch und chemisch combinirtes Bild zeigt uns dagegen das fünfte und letzte der in dieser Folge veröffentlichten Gesetze, welches die Entwicklung des Avogadroschen Keims zu einer für alle Aggregatzustände gültigen Wahrheit darstellt.

Wir haben diesem letzten Gesetz keinen selbständigen Namen gegeben, sondern vorläufig vorgezogen, grade die historische Anknüpfung durch die Bezeichnungsart hervortreten zu lassen. Erst Verbesserung des Avogadroschen Gesetzes für Gase und dann Ausdehnung auf alle Aggregatzustände, — das hat freilich etwas ergeben, was den ursprünglichen Ausgangspunkt, den das

gemeine Avogadrosche Gesetz vertritt, nur noch als eine äusserst partielle und dabei nicht einmal zutreffend genau formulirte Wahrheit erscheinen lässt. Die Molecülzahl als Factor des Wärmedrucks und zwar in allen Zuständen und unter allen Verhältnissen der Körper, — das ist der Kern des neuen Grundgesetzes, und man könnte es daher auch das Gesetz der Molecülzahl nennen, indem man hiebei an die Abhängigkeit des Drucks von der Molecülzahl zu denken hätte.

Eine bestimmtere Anwendung erfährt das Gesetz natürlich erst als Element der thermostatischen Grundgleichung, und um diese in der ihr von uns gegebenen Vollständigkeit aufzustellen, war die weiteste Consequenz unserer ersten physikalischen Ausgangspunkte erforderlich. Namentlich musste unser erstes thermostatisches Gesetz, das des Zwischenvolumens bei Gasen und für den äussern Druck, zu einem für alle Aggregatzustände gültigen und auf den ganzen Wärmedruck bezüglichen, also auf diese Weise universellen Fundamentalgesetz erweitert sein. Eine solche physikalische Consequenz war aber nicht ohne Rücksicht auf die chemische Voraussetzung der Molecülvervielfachungen oder Molecültheilungen festzustellen und umgekehrt die chemische Annahme nicht allgemein zu erweisen, ohne zuvor die physikalische vorauszusetzen. So hat sich denn hier wiederum der innige Zusammenhang unserer physikalischen und chemischen Bestrebungen bekundet. Zugleich ist der Anfang gemacht worden, das ganze chemische Gebiet in den Rahmen der thermostatischen Grundbeziehung und Fundamentalgleichung zu fassen.

Wer aufmerksam der Art folgt, wie es möglich geworden, durch Operationen mit der Grundgleichung diese selbst und das Gesetz der Molecülzahl mit der Erfahrung unmittelbar vergleichbar zu machen, wird auch den Antheil an eigenthümlich zugehörigen mathematischen Wendungen nicht verkennen. Da gewisse Functionen nicht gegeben waren und unbestimmt bleiben mussten, so lagen jene Wendungen nicht im gemeinen Wege analytischer Gleichungsbearbeitung, und das schablonengemässe Hantiren mit Differentialgleichungen hätte nicht ausgereicht. Jene Wendungen mit der dem besondern Zweck angepassten Elimination waren vielmehr erst ausfindig zu machen gewesen und sind eines der Beispiele, wie auch die selbständige Be-

wegung in der Mathematik zu Hülfe kommen musste, um unser Ziel erreichbar zu machen.

Doch wir wollen hier nicht noch einmal die verschiedenen Wege und Mittel charakterisiren, deren Vereinigung die Gelegenheiten bietet, zu soliden Erweiterungen des exacten Wissens zu gelangen. Wir haben die Wege hier nicht blos gewiesen, sondern sind sie auch, wie der Leser sich überzeugt haben wird, selber ein Stück vorwärts gegangen. Man vergleiche nur, was seit der Veröffentlichung der ersten Folge unsererseits geschehen, mit dem, was seitdem in denselben Gebieten von der andern Seite, d. h. durch die Feinde unserer Sache, zu Markte gebracht worden. Während wir das Gebiet der reinen Mathematik erweiterten und für Physik und Chemie eine Anzahl neuer Gesetze auffanden, dabei aber zu unsern früher veröffentlichten Gesetzen neue Consequenzen zogen, hat man auf der Gegenseite nur Nachentdeckungen und Contrefaçons des von uns Vorgelegten fabricirt. Man hat dabei keine einzige wirkliche Consequenz zu ziehen vermocht, wie wir deren gezogen haben. Man hat die Eigenschaften des fremden Guts, mit dem man wirthschaftete, und die Anlagen, die es in sich barg, nicht gekannt. Die Eigenthümer aber, die es sich erarbeitet hatten, haben nunmehr mit der That nicht blos ihre bessere Kunde davon, sondern auch ihre Fähigkeit erwiesen, es ansehnlich zu vermehren. An dieser Vermehrung kann man sich nun freilich wieder von Neuem mit Nachentdeckungen und Contrefaçons betheiligen und allenfalls neue Wendungs- und Entwendungsarten ausfindig machen, die dem Publicum noch nicht signalisirt sind. Das Spielchen mag aber immerhin vorsichgehen; denn während Andere die Künste der Aneignung und der Täuschung ausbilden, kommen wir inzwischen in der schaffenden Arbeit für Wissen und Wahrheit voraussichtlich eine Strecke weiter, und das Publicum wird den Unterschied jener beiden Betheiligungsarten an der Vermehrung des Wissens je länger desto mehr würdigen können.

Schriften von E. Dühring.

1. Philosophische:

†**De tempore, spatio, causalitate atque de analysis infinitesimalis logica.** Berlin 1861. 3 M.

†**Natürliche Dialektik,** neue logische Grundlegungen der Wissenschaft und Philosophie. Berlin 1865. 4 M.

Der Werth des Lebens, populär dargestellt. 3. Auflage. Leipzig 1881. Fues. 6 M.

Cursus der Philosophie als streng wissenschaftlicher Weltanschauung und Lebensgestaltung. Leipzig 1875. Heimanns Verlag. 9 M.

Logik und Wissenschaftstheorie. Leipzig 1878. Fues. 9 M.

Kritische Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bis zur Gegenwart. 3. Auflage. Leipzig 1878. Fues. 9 M.

2. Volkswirthschaftliche und socialitäre:

Carey's Umwälzung der Volkswirthschaftslehre und Socialwissenschaft. 12 Briefe. München 1865. Merhoff. 2 M. 50 Pf.

†**Capital und Arbeit,** neue Antworten auf alte Fragen. Berlin 1865. 3 M. 50 Pf.

***Kritische Grundlegung der Volkswirthschaftslehre.** Berlin 1866. 8 M. 40 Pf.

Die Verkleinerer Carey's und die Krisis der Nationalökonomie, sechzehn Briefe. Breslau 1867. Trewendt. 3 M.

Kritische Geschichte der Nationalökonomie und des Socialismus. 3. Auflage. Leipzig 1879. Fues. 9 M.

Cursus der National- und Socialökonomie, einschliesslich der Hauptpunkte der Finanzpolitik. 2. Aufl. Leipzig 1876. Fues. 9 M.

3. Vermischte:

†**Die Schicksale meiner socialen Denkschrift für das Preussische Staatsministerium,** zugleich ein Beitrag zur Geschichte des Autorrechts und der Gesetzesanwendung. (1868.) Heimanns Verlag in Leipzig. 1 M.

Der Weg zur höheren Berufsbildung der Frauen und die Lehrweise der Universitäten. Zweite verbesserte und mit Gesichtspunkten für Selbstausbildung und Selbststudium erweiterte Auflage. Leipzig 1885. Fues. 2 M.

Die Judenfrage als Frage der Racenschädlichkeit für Existenz, Sitte und Cultur der Völker. Mit einer weltgeschichtlichen Antwort. Dritte verbesserte Aufl. Karlsruhe 1886. Reuther. 3 M.

Die Ueberschätzung Lessing's und dessen Anwaltschaft für die Juden. Karlsruhe 1881. Reuther. 1 M. 80 Pf.

Sache, Leben und Feinde. Als Hauptwerk u. Schlüssel zu seinen sämmtlichen Schriften. Mit seinem Bildniss. Karlsruhe 1882. Reuther. 8 M.

Der Ersatz der Religion durch Vollkommeneres und die Ausscheidung alles Judenthums durch den modernen Völkergeist. Karlsruhe 1883. Reuther. 4 M. 50 Pf.

4. Mathematische und naturwissenschaftliche:

Neue Grundmittel und Erfindungen zur Analysis, Algebra, Functionsrechnung und zugehörigen Geometrie, sowie Principien zur mathematischen Reform nebst einer Anleitung zum Studiren und Lehren der Mathematik. Von Dr. E. Dühring und Ulrich Dühring. Leipzig 1884. Fues. 12 M.

Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie. Erste Folge. Leipzig 1878. Fues. 3 M.

Robert Mayer der Galilei des neunzehnten Jahrhunderts. Eine Einführung in seine Leistungen und Schicksale. Mit seinem Portrait in Stahlstich. Chemnitz 1880. Schmeitzner. 4 M.

Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. Von der philosophischen Facultät der Universität Göttingen mit dem ersten Preise der Beneke-Stiftung gekrönte Schrift. Zweite, theilweise umgearbeitete und mit einer Anleitung zum Studium der Mathematik vermehrte Auflage. Leipzig 1877. Fues. 9 M.

In dem Urtheil der Göttinger Universität, die den Namen des Verfassers nicht wusste, heisst es:

„Mit vollständigster und freiester Beherrschung der Sache und erstaunlicher Ausdehnung genauester literarischer Kenntniss sind nicht nur alle wesentlichen Punkte erörtert, sondern eine grosse Anzahl kleinerer Discussionen, welche die Facultät nicht für unerlässlich gehalten hätte, aber mit Dank anerkennt, da sie überall dem volleren Verständniss des Gegenstandes dienen, bezeugen zugleich die grosse Liebe und die Umsicht, mit welcher der Verfasser sich in seine Aufgabe vertieft hat. Dem ausserordentlichen so aufgehäuften Stoffe entspricht die Fähigkeit zu seiner Bewältigung. Durch feines Gefühl für klare Vertheilung der Massen ist es dem Verfasser gelungen, zugleich auf die ganze geistige Signatur der Zeitalter, auf den wissenschaftlichen Charakter der leitenden Persönlichkeiten und auf die fortschreitende Entwickelung der einzelnen Principien und Lehrsätze ganz das belehrende geschichtliche Licht fallen zu lassen, welches die Facultät vor allem gewünscht hatte. Die ursprünglichen Aufgaben, an deren Behandlung jedes neue Princip oder Theorem entstand, sind überall mit vollendeter Anschaulichkeit reproducirt, und die allmälige Umformung, die jedes erfahren hat, durch alle Zwischenglieder sorgfältig verfolgt. Die Berührungen der mechanischen Gedanken mit der philosophischen Speculation sind nirgends vermieden; sie sind nicht nur in eigenen Abschnitten entwickelt, sondern der feine philosophische Instinct, der den Verfasser auch auf diesem Boden leitet, ist ebenso deutlich in einer grossen Anzahl aufklärender allgemeiner Bemerkungen sichtbar, welche an schicklichen Stellen in die Darstellung der mechanischen Untersuchungen verflochten sind. Den angenehmen Eindruck des Ganzen vollendet eine sehr einfache, aber an glücklichen Wendungen reiche Schreibart. Voll Befriedigung, sich als die Veranlasserin dieser schönen Leistung zu wissen, durch welche ihre Aufgabe vollständig gelöst und viele Nebenerwartungen übertroffen sind, zögert sie nicht, dem Verfasser den ersten Preis hierdurch öffentlich zuzuerkennen.“

Für das mit einem * bezeichnete Buch ist die Verlagshandlung eingegangen, und befinden sich die wenigen restirenden Exemplare bei dem Verfasser, Adresse Zehlendorf bei Berlin, von wo solche gegen vorgängige Einsendung des Betrages zu beziehen sind. — Die mit einem † bezeichneten Bücher sind vergriffen.

Bemerkung zum Schriftenverzeichniss
über die Plagiirung der ersten Folge der neuen Grundgesetze.

Die im Verzeichniss aufgeführte Schrift „Neue Grundgesetze“ etc. erschien im Mai 1878 und erhielt sofort durch den Buchhandel eine umfassende Verbreitung im Inlande und nach Verhältniss der Sprache auch im Auslande. Ueberdies waren schon vorher Prospecte derselben an zahlreiche Fachgelehrte, sowie an Akademien des In- und Auslandes versendet worden. In diesen Prospecten war insbesondere das von meinem Sohn Ulrich entdeckte und von ihm in der Schrift selbst mit einer vollständigen Theorie und praktischen Anwendungen ausgestattete Siedegesetz wörtlich formulirt. Die einzige Aufmerksamkeit jedoch, welche die Gelehrten dieser Schrift widmeten, bestand darin, dass sie dieselbe recht erfreulich kauften, sich aber, wie des Näheren nachher deutlich werden wird, auch nachträglich deren neuen Inhalt für sich, wie der Volksausdruck lautet, zu kaufen versuchten. Sie schwiegen Jahr und Tag über die Schrift in den Fachjournalen, gaben aber mündlich die Parole aus, es sei in der Schrift nichts Neues enthalten, das darin Enthaltene vielmehr schon überall zu lesen, und ich hätte mich mit dieser Schrift ganz besonders blamirt. Dies war die eine Seite des liebenswürdigen Gelehrtenverhaltens, dessen allgemeine moralische Signatur in früheren berühmten Fällen seit meiner Schrift über Robert Mayer auch dem weiteren Publicum eindringlicher bekannt und durchschaubar geworden ist. Die andere, noch unwürdigere Seite, die das Zubehör hiezu bildete, zeigte sich bald und zwar zuerst in Deutschland, dann aber auch im Auslande. Als Beispiele führe ich nur folgende Fälle an, weil sie sich weniger auf das von mir Herrührende, als vielmehr speciell auf das ebenso einfache als wichtige, darum aber auch handgreiflich verständlichere und zu handgreiflicher Aneignung äusserst bequeme Gesetz meines Sohnes über die correspondirenden Siedetemperaturen beziehen. Ich für mein Theil bin an die edlen Manieren der Gelehrten, an gleichzeitige Verschweigung und Plünderung meiner Schriften durch sie, genugsam gewöhnt und hätte viel zu thun, wenn ich Derartiges im Einzelnen verfolgen wollte.

Zuerst ist ein Theil des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen Seitens eines Professors Winkelmann durch Vermittlung eines Mitgliedes der Münchener Akademie, eines Professors von Jolly, als neue und angeblich Herrn Winkelmann gehörige Entdeckung Juni 1879 jener Akademie vorgelegt und in deren Abhandlungen in Gestalt eines Aufsatzes des Herrn Winkelmann veröffentlicht worden. Obenein ist die Aufnahme einer sachgemässen Reclamation, die mein Sohn an Herrn von Jolly eingesendet hat, von diesem Herrn verweigert worden. Schon kühner geworden, hat später Herr Winkelmann in einer Abhandlung der Wiedemannschen „Annalen der Physik“ (Jahrgang 1880) sich wesentlich den Hauptinhalt des Gesetzes der correspondirenden Siedetemperaturen unter Umhüllung mit einer unerheblichen Abänderung angeeignet und diese Manipulation dadurch gekrönt, dass er zugleich das Gesetz dem Publicum gegenüber ostensibel als unwahr signalisirte. In diesem Fall gelang es meinem Sohn, wenigstens einen Artikel zum Schutz seines Gesetzes in die Annalen eingerückt zu erhalten.

Das vollständige Gesetz auch ohne den Schein einer Abänderung ist im Februar 1880 der Pariser Akademie der Wissenschaften als die neue Entdeckung eines Herrn P. de Mondesir durch ein Mitglied dieser Akademie, den bekannten Chemiker H. Sainte-Claire Deville vorgelegt worden, und ist der betreffende Artikel des Herrn de Mondesir auch damals in den „Comptes Rendus“ erschienen. Alsdann wurde das Gesetz meines Sohnes in dem Incognito einer französischen Entdeckung in deutsche Fachzeitschriften übernommen, wogegen er zunächst im „Chemischen Centralblatt“ (December 1880) reclamirte. Dieselbe Reclamation, nur in französischer Sprache, war von ihm dem betreffenden Secretär der französischen Akademie mit dem Ersuchen um Aufnahme in die „Comptes Rendus“ zugesendet worden. Sie fand sich aber nur in wesentlicher Fälschung der

Worte und des Sinnes (ebenfalls December 1880) zum Abdruck gebracht, so dass mein Sohn für diese ihm untergeschobene Fassung nicht verantwortlich ist. Später haben sich zu den Genannten auch noch Andere gesellt, welche mit jenen und unter sich nunmehr über die Priorität der Aneignung markten mögen. So haben beispielsweise auch ein holländischer Professor Waals und ein preussischer Professor Clausius, unter verschiedenen aber schlecht verhüllenden Masken und Verzerrungen, in ihrer Manier das Gesetz als ihr eignes reproducirt. Letzterer Herr hat sogar in einer einschlägigen Abhandlung (Annalen der Physik, Bd. XIV, 1881) eine angebliche Zusammenfassung des seiner vorgeblichen Production Vorangegangenen riskirt, nämlich den Daltonschen ursprünglichen Ansatz, sowie eine Kleinigkeit in derselben Richtung von einem gewissen Groshans angeführt, die entscheidende Hauptsache aber, das seit 1878 vorliegende umfassende Gesetz, kühnlich weggelassen. Bezeichnenderweise ist nun jene verzerrte Production des Herrn Clausius frischweg auch schon collegialisch nachtreterisch in Lehrbücher aufgenommen worden, wie z. B. gehorsamst in den Nachtrag des Jaminschen Cursus der Physik (1883), welches Buch auch übrigens in seiner 3. Auflage durchgängig unsolider und unbehilflicher gerathen ist als in seiner ersten Bearbeitung durch den ursprünglichen Verfasser.

Die Thatsachen, aus denen mein Sohn das Gesetz erkannte, standen seit mehreren Jahrzehnten in Fülle Jedermann zur Verfügung; aber erst als seine Entdeckung veröffentlicht war, sprossten in den darauf folgenden Jahren allerorten die Nachentdeckungen hervor. Er selbst konnte es nicht eher finden, als geschehen; denn er ist erst, als schon die Thatsachen vorhanden waren, geboren und hat dieses Gesetz, welches von grosser physikalischer und chemischer Tragweite ist, in seinem 15. Lebensjahre aufgefunden. Wenn nun, nachdem er die fragliche sehr umfassende Wahrheit, um die sich 70 Jahre früher ein Dalton vergebens bemüht hatte, gesehen, auch andere ältere Leute, die schon Jahrzehnte vorher sie hätten sehen sollen, nun plötzlich sehen lernten, so ist dies wohl verständlich genug.

Es ist aber in derartigen Dingen oft noch mehr Komik, als schon der Rückimport deutscher Originalwaare aus dem Auslande in sich schliesst, wie er auch einst R. Mayer gegenüber prakticirt worden war. Es hat nämlich die Münchener Akademie in der ganzen Plagiatangelegenheit nicht blos die Palme der Priorität für sich, sondern offenbar auch den Apfel der höchsten Komik abgeschossen. Bei allem moralischen Ernst der Sache hat sie dennoch, wie die Leser der Gruppe meiner mathematisch naturwissenschaftlichen Schriften wissen, schon einmal den Humor rege gemacht. Die Akademie der alten Mönchestadt hatte nämlich einen Dr. G. Berthold mit der Abfassung einer Geschichte der Physik beauftragt und dieser nichts Besseres zu thun gewusst, als sich unbekannterweise an mich zu wenden, um dazu Disposition und Materialien von mir zu bekommen, die ich selbstverständlich nicht verabfolgt habe. So ist der Münchener Akademie das Schicksal erspart worden, auf jene Weise vom Vater zu zehren; indessen der Sohn ist, wie erwähnt, nicht ganz heil davongekommen. Jedoch auch er weiss sich gegen Anzehrungen zu wehren, und das Schicksal des zu wenig wehrhaften R. Mayer ist ihm ein zur Warnung leuchtendes Beispiel geworden. Auch bei diesem hatten die Thatsachen, auf Grund deren er seine neue grosse Wahrheit entdeckte, mehrere Jahrzehnte lang aller Welt zur Verfügung gestanden; aber erst als er sie 1842 veröffentlicht hatte, schossen in den nächsten Jahren im In- und Auslande eine ganze Anzahl Nachentdecker auf. Im Fall R. Mayers gesellte sich aber zu den Beraubungen noch ein besonderes Gelehrtenverbrechen, welches schlimmer war als das gegen Galilei verübte und in meiner Schrift über R. Mayer dem Publicum dargelegt worden ist Diese Schrift hat ausser ihrem persönlichen Gegenstande überhaupt noch die allgemeinere Bedeutung, die tiefe moralische Verderbniss und intellectuelle Verkommenheit der gewerbsmässigen Gelehrtenclasse sichtbar zu machen und zu zeigen, wie diese Classe gegenwärtig eine ähnliche Rolle spielt, wie vor ihr ausschliesslich die Priester. Es ist daher kein Wunder, wenn der mit allen Mitteln betriebene und, wenn verübt, mit allen Mitteln aufrechterhaltene Ehrendiebstahl und andere verwandte saubere Stückchen in der Gelehrtenclasse mehr grassiren, als in der ungelehrten der gemeine Diebstahl und die sonstigen Gaunerstreiche.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

Dühring, Kritische Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bis zur Gegenwart. Dritte, theilweise umgearbeitete Auflage. 35 Bogen in 8. 9 Mark.

Inhalt: I. Abth. Weltgeschichtliche Einleitung der Philosophie durch die Griechen. 1. Absch. Schöpferische Antriebe und grundlegende Gedanken. 2. Absch. Anregungen des Wollens und Gesinnungsphilosophie. 3. Absch. Universalismus und Uebergang zum Verfall. 4. Absch. Gänzliches Verkommen der Philosophie. — II. Abth. Die Philosophie unter dem Einfluss der neuern Belebung des wissenschaftlichen Geistes. 1. Absch. Der neue Geist unter der Nachwirkung mittelalterlicher Beschränkungen und Formen. 2. Absch. Spinozas Systembildung, Lockes kritische Methode und die eklektischen Reflexe bei Leibniz. 3. Absch. Hume und die gleichzeitige Situation der Philosophie. — III. Abth. Die Philosophie seit der Wiederaufnahme durch die Deutschen. 1. Absch. Kant und die Professorenphilosophie. 2. Absch. Feuerbach, Schopenhauer, Comte und gegenwärtige Philosophie.

Dühring, Der Werth des Lebens, populär dargestellt. Dritte verbesserte Auflage. 1881. 19 Bogen in 8. 6 Mark.

Inhalt: 1. Cap. Aufkommen lebensfeindlicher Weltansichten. 2. Cap. Der Materialismus als Fusspunkt höherer humanitärer Lebensschätzung. 3. Cap. Das Leben als Inbegriff von Empfindungen und Gemüthsbewegungen. 4. Cap. Der Verlauf eines Menschenlebens. 5. Cap. Liebe und Geschlechtsleben. 6. Cap. Der Tod. 7. Cap. Die physischen und moralischen Uebel. 8. Cap. Das Loos der Frauen. 9. Cap. Wissensmacht, Einzelschicksal und Denkergesinnung. 10. Cap. Ausgleichung mit der Weltordnung in Gesinnung und That.

Dühring, Der Weg zur höheren Berufsbildung der Frauen und die Lehrweise der Universitäten. Zweite verbesserte und mit Gesichtspunkten für Selbstausbildung und Selbststudium erweiterte Auflage. 1885. 7 Bogen in 8. 2 Mark.

Inhalt: 1. Begrenzung der Aufgabe. 2. Befähigungsfrage. 3. Aerztliche Thätigkeit. 4. Hochwissenschaftlicher Lehrerberuf von und für Frauen. 5. Weibliches Studium und heutige Universitätszustände. 6. Natürliche Vorbereitung für das praktische Hauptziel. 7. Einschaltung über die Ränke des Gelehrtenneides gegen meine Thätigkeit für höhere Frauenbildung. 8. Gesichtspunkte für Selbstausbildung und Selbststudium.

Dühring, Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie. Erste Folge 1878. 10 Bogen in 8. 3 Mark.

Inhalt: 1. Cap. Einerleiheit der Kraft in der Verschiedenheit ihrer räumlichen Bethätigung. 2. Cap. Wahres Gesetz der Zusammendrückung der Gase. 3. Cap. Ein von Dalton vergebens gesuchtes Gesetz. 4. Cap. Verbreitungschancen und Studiumsschwierigkeiten. — In diesem letzten Capitel wird ausser dem Orientirenden über das Studium der Physik und Chemie auch Persönliches von Robert Mayer und Neues über die zugehörige Seite von des Verfassers Universitätsconflict zur Darstellung gebracht. Die drei ersten Capitel enthalten neue grundgesetzliche Aufschlüsse. Die Entdeckung des im 3. Capitel dargestellten Gesetzes ist zugleich von eingreifender Bedeutung für die physikalische Technik.

Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. Mit dem ersten Preise der Beneke-Stiftung gekrönte Schrift. Zweite, theilweise umgearbeitete und mit einer **Anleitung zum Studium der Mathematik** vermehrte Auflage. 1877. 36 Bogen in 8. 9 Mark.

Inhalt: Einleitung. Bedeutung des Gegenstandes und Verhältniss zum Alterthum. I. Abschn. Grundlegung der Dynamik — Die Zeit Galileis. 1. Cap. Vorgänger Galileis. 2. Cap. Begründung der Dynamik durch Galilei. 3. Cap. Entstehungsart der Galileischen Hauptergebnisse und Gestaltung der verschiedenen Principien. 4. Cap. Die statischen Principien im Zeitalter Galileis. 5. Cap. Einwirkungen der gleichzeitigen Philosophie. II. Abschn. Die Zeiten von Huyghens und Newton. 1. Cap. Allgemeiner Entwicklungsgang. 2. Cap. Gestaltung der Principien bei Huyghens. 3. Cap. Zusammensetzung der Kräfte und Gesetze des Stosses. 4. Cap. Die Gravitationsmechanik Newtons. III. Abschn. Die Zeit der allgemeinen Formulirungen und der analytischen Entwicklung bis auf Lagrange. 1. Cap. Hauptpunkte des Fortschritts. 2. Cap. Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte. 3. Cap. Charakteristische Hauptsätze der Dynamik in der Rolle von Principien. 4. Cap. Princip der virtuellen Geschwindigkeiten und Systematisirung der Mechanik durch Lagrange. 5. Cap. Philosophische Einwirkungen. IV. Abschn. Das neunzehnte Jahrhundert. 1. Cap. Erweiterung der mechanischen Grundbegriffe durch Poinsot. 2. Cap. Ueber allgemeine mechanische Principien bei Gauss, Hamilton, Jacobi, Dirichlet u. A. 3. Cap. Vorstellungen im Anschluss an das mechanische Aequivalent der Wärme. 4. Cap. Tragweite der mechanischen Principien. Schluss. Das Studium der mathematisch-mechanischen Wissenschaften und die Lehren der Geschichte.

Dühring, zusammen mit **Ulrich Dühring, Neue Grundmittel und Erfindungen zur Analysis, Algebra, Functionsrechnung** und zugehörigen Geometrie sowie Principien zur mathematischen Reform nebst einer Anleitung zum Studiren und Lehren der Mathematik. $32^1/_2$ Bogen in 8. 12 Mark.

Inhalt: 1. Cap. Neue Feststellung des Sinnes des Negativen. 2. Cap. Aufschluss über den analytischen und sonstigen Sinn des Imaginären. 3. Cap. Einführung wahrer Begriffe an Stelle des Unendlichkeitsaberglaubens. 4. Cap. Ausgangspunkte einer neuen Rechnung. 5. Cap. Exacter Sinn und geregelte Methode für die Wurzeln der Einheit. 6. Cap. Die Gleichungslösung nach der Werthigkeitsrechnung. 7. Cap. Vollständiger Schematismus der Wurzelform der Gleichungen aller Grade. 8. Cap. Behandlung überviergradiger Gleichungen. 9. Cap. Lösbarkeitskriterien und Lösungswege für Gleichungen einfacher und zusammengesetzter Grade. 10. Cap. Die Imaginären und die Transcendenten in erweiterten Verbindungen. 11. Cap. Werthigkeitsrechnung im Transcendenten. 12. Cap. Functionen werthig getheilter Argumente. 13. Cap. Signirung, Construction und Lage. 14. Cap. Weitere Anwendungen der neuen Mittel. 15. Cap. Ausgangspunkte zu einer neuen Lehre von allgemeinen Functionseigenschaften. 16. Cap. Lernen und Lehren der Elemente. 17. Cap. Der Cursus der höhern Mathematik. 18. Cap. Die Abstufung in der mathematischen Methode und die selbständige Forschung.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Dühring, Eugen,

Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie

Bd.: 2

1886

Phys.g. 92 q-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11902474-5